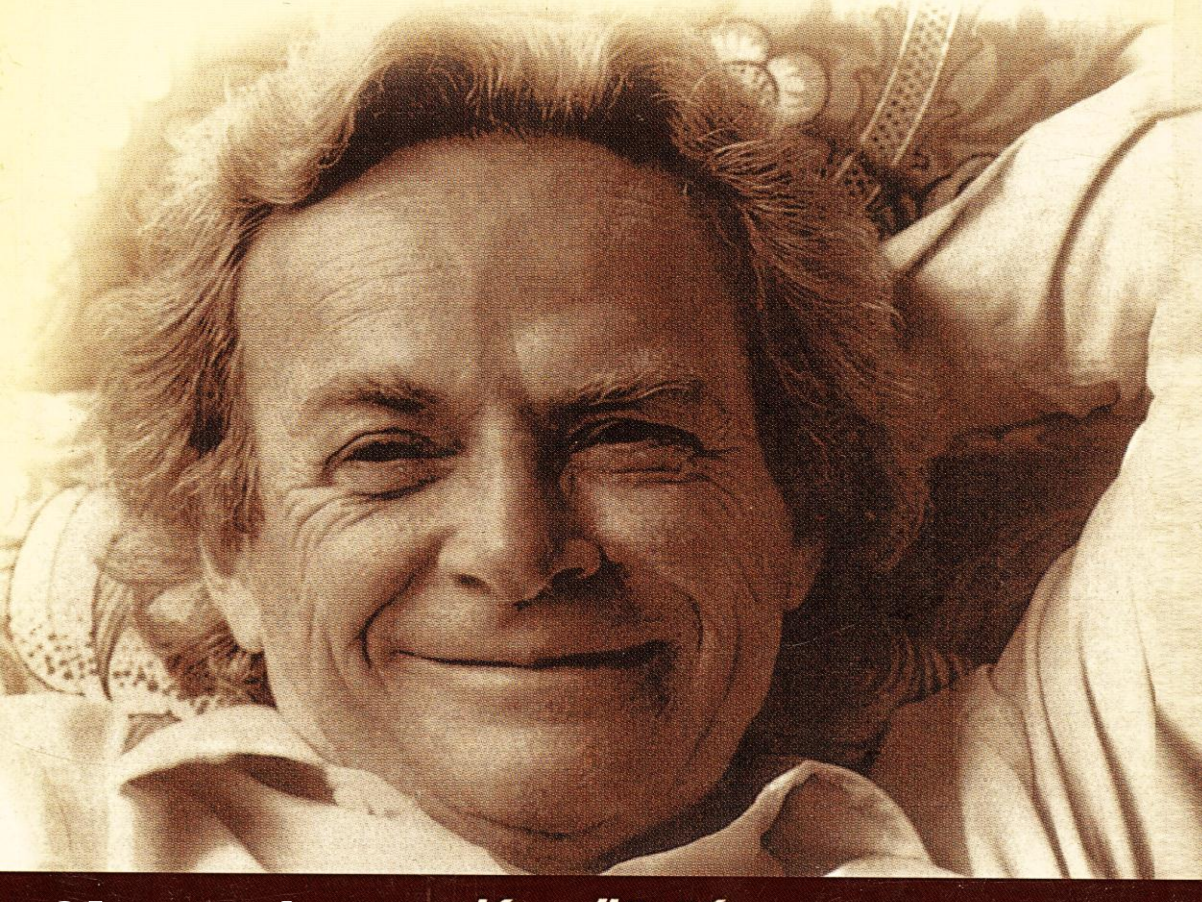
ريتشارد ب. فاينمن

من الكتب الأحسن بيعاً

متعة اكتشاف الأشياء

تعريب: ابتسام الخضراء



مكتبة العبيكان

متعة اكتشاف الأشياء

متعة اكتشاف الأشياء

ريتشارد ب. فاينمن

تعريب

ابتسام الخضراء

مكتبة العبيكان

Original Title:
The Pleasure Of Finding Things Out
The Best Short Works Of Richard P. Feynman
by:
Richard P. Feynman

ISBN 0 - 7382- 0349 - 1

الرياض 11595 ، المملكة العربية السعودية ، شمال طريق الملك فهد مع تقاطع العروبة ، ص . ب . 62807

Obeikan Publishers, North King Fahd Road, P.O. Box 62807, Riyadh 11595, Saudi Arabia

الطبعة العربية الأولى 1425هـ ـ 2005م

ISBN 9960 - 40 - 599 - 0

ح مكتبة العبيكان ، 1425هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

فاينمن ، ريتشارد ب

متعة اكتشاف الأشياء . / ريتشارد فاينمن ؛ ابتسام الخضراء . - الرياض 1425هـ

365ص ؛ ١٤×٢١سم

ردمك : 0 - 599 - 40 - 9960

1 ـ العلوم ـ بحوث 2 ـ الاختراعات

أ. الخضراء ، ابتسام (مترجم) ب . العنوان

ديوي : 607,2 1425 / 3321

رقم الإيداع : 1425 / 3321

ردمك : 0 - 599 - 40 - 9960 ISBN

المحتوى

تقديم

هذا الحب الأعمى من طرف واحد

فريمان دايسون

«لقد أحببت هذا الرجل، ذلك الحب الأعمى من طرف واحد كأي شخص آخر» هذا ما كتبه الروائي في العصر الإليزابيتي بين جونسون» كان يعني بـ «الرجل» صديق جونسون ومعلمه وليام شكسبير. وكان جونسون وشكسبير كاتبين روائيين ناجحين. كان جونسون متعلماً ومثقفاً وكان شكسبير متسرعاً وعبقرياً. ولم يكن للحسد مكاناً بينهم. كان شكسبير أكبر من جونسون بتسع سنوات وكانت مسارح لندن مليئة بروائعه المسرحية قبل أن يبدأ جونسون بالكتابة. وكما قال جونسون فقد كان شكسبير «صادقاً وذا طبيعة حرة منفتحة» وقد قدم لصديقه الشاب مساعدة عملية وتشجيعاً. وكانت أكثر مساعدات شكسبير أهمية أنه مثَّل أحد الأدوار الرئيسية في أول مسرحية لجونسون «الرجل في دعابته Every Man in His Humour» عندما

تم تمثيلها في عام 1598. وقد حقَّقت المسرحية نجاحاً مدوياً وشكَّلت انطلاقة لمسيرة جونسون الاحترافية. كان جونسون حينئذٍ في الخامسة والعشرين من عمره وكان شكسبير في الرابعة والثلاثين. وبعد عام 1598 واصل جونسون كتابته للقصائد والمسرحيات وقد مثّلت العديد من مسرحياته بصحبة شكسبير. أصبح جونسون مشهوراً بحكم حقّه الشخصي كشاعر وموهوب وقد لاقى تكريماً في نهاية حياته بدفنه في مقبرة «وستمنستر أبي». لكنه لم ينسَ للحظة واحدة دَيْنَه لصديقه القديم. فعندما توفي شكسبير، كتب جونسون قصيدة في ذكرى سيدي المحبوب، وليام شكسبير To the Memory of My Beloved Master, William Shakespeare تحتوي على السطور الشهيرة:

لم يكن رجل لعصر واحد بل رجل لكل العصور
وعلى الرغم من القليل من اللاتينية واليونانية
التي امتلكت فلن أبحث عن أسماء
تكرمك بل استصرخ ايسكيليوس
وإيوريبيدس وسوفوكليس...
ليعيشوا مرة ثانية ويسمعوا خطواتك التراجيدية المدوية.
كانت الطبيعة نفسها فخورة بتصاميمه
وابتهجت بارتداء ثوب سطوره
ولكن يجب ألا أعطي الطبيعة كل شيء
فأنت سيدي يجب أن تنعم بجزء من ذلك

فربما تكون الطبيعة مادة الشاعر
إلا أن فنه يفضي صبغة فنية
ومن يسكب شعراً حياً يجب أن يتعرق
لأنه صنع شاعراً جيداً كما لو أنه حي

فما هي علاقة جونسون وشكسبير بريتشارد فينمان؟ هكذا ببساطة أستطيع أن أقول كما قال جونسون: «لقد أحببت الرجل حباً أعمى كأي شخص آخر». فقد وَهَبَني القدر حظاً رائعاً بأن يكون فينمان معلمي. فقد كنت الطالب المتعلم المثقّف الذي حضر من إنجلترا إلى جامعة كورنيل في عام 1947 وسرعان ما أخذت بعبقرية فينمان المتدفّقة. وبكبرياء الشباب قررت أن يمكنني أن أقوم بدوري تجاه فينمان كدور جونسون تجاه شكسبير. لم أتوقع أن أُقابل شكسبير على أرض أمريكية ولكني لم أجد صعوبة في التعرف عليه عندما رأيته.

قبل أن ألتقي فينمان كنت قد نشرت عدداً من الدراسات الرياضية مليئة بالأعمال الذكيَّة البارعة ولكنها تفتقر للأهمية تماماً.

وعندما قابلت فينمان أدركت على الفور أنني دخلت عالماً آخر. فلم يكن مهتما في نشر أوراق جميلة. لقد كان يُصارع بشدة، أكثر من مصارعة أي إنسان أخر، لفهم عمل الطبيعة وذلك بإعادة بناء الفيزياء من القاعدة إلى الأعلى. كنت محظوظاً في لقائه عند نهاية السنة الثامنة من هذا الصراع. فالفيزياء

الجديدة التي تصوّرها، كطالب لجون ويلر قبل سبع سنوات، كانت تلتحم أخيراً في رؤية متماسكة للطبيعة ـ تلك الرؤية التي سمّاها «المقاربة الزمانية ـ المكانية». لم تكن الرؤية قد اكتملت في عام 1947 وكانت مليئة بالنهايات السائبة وعدم المطابقة. لكنني أدركت على الفور أنها لا بد وأن تكون صحيحة. لم أترك فرصة إلا واستمعت فيها لحديث فينمان لأتعلم أن أسبح في فيض أفكاره. كان يحب الكلام ورحَّب بي كمستمع وهكذا أصبحنا أصدقاء مدى الحياة.

راقبت فينمان على مدى سنة وهو يكمل طريقه في وصف الطبيعة بالصور والأشكال إلى أن ربط النهايات السائبة وأزال عدم المطابقة. وبعد ذلك بدأ بجمع الأرقام مستعملاً رسومه البيانية كدليل. وبسرعة مُذهلة كان قادراً على حساب كميات فيزيائية يُمكن مقارنتها مباشرة بالتجارب وقد توافقت التجارب مع أرقامه. وفي صيف عام 1948 رأينا كلمات جونسون حقيقة «كانت الطبيعة نفسها فخورة بتصاميمه وابتهجت بارتداء حلة سطوره».

وخلال نفس العام وبينما كنت أسير وأتحدث إلى فينمان، كنت أدرس أيضاً أعمال الفيزيائيين شونيغر وتوموناغا الذين كانوا ينهجون نهجاً تقليدياً ويصلون إلى نتائج مماثلة. لقد نجح كل من شونيغر وتوموناغا بصفة مستقلة مستعملين طرقاً أكثر صعوبة وتعقيداً في حساب نفس الكميات التي استطاع أن يستنبطها

فينمان من رسومه البيانية. لم يقم شونيغر وتوموناغا بإعادة بناء الفيزياء بل أخذوها كما وجدوها وأدخلوا فقط طرقاً حسابية جديدة لاستخلاص الأرقام من الفيزياء. وعندما اتضح أن نتائج حساباتهم كانت متوافقة مع فينمان، أدركت أنني منحت فرصة نادرة لجمع النظريات الثلاث معاً. كتبت دراسة بعنوان «نظريات الإشعاع لتوموناغا وشونيغر وفينمان» شرحت فيها كيف بدت النظريات مختلفة لكنها كانت من حيث الأساس متشابهة. وقد نشرت دراستي في «فيزيكال ريفيو Physical Review» عام 1949 وبدأت حياتي المهنية بتصميم تماماً كما بدأت «كل رجل في دعابته Every Man in His Humour» مسيرة جونسون المهنية. كنت حينئذٍ مثل جونسون في الخامسة والعشرين من عمري وكان فينمان في الواحدة والثلاثين من عمره، أصغر بثلاث سنوات من شكسبير في عام 1598. كنت حريصاً على أن أُعامل قدوتي الثلاثة باحترام وتقدير متساوٍ ولكنني عرفت في قرارة نفسي أن فينمان كان أعظمهم وأن الهدف الأساسي لدراستي هو أن أجعل أفكاره الخلاَّقة في تناول أيدي الفيزيائيين في العالم. وقد شجَّعني فينمان بحماس على نشر أفكاره ولم يتذمّر مرة واحدة من أنني أسرق بريقه فقد كان الممثل الرئيسي في مسرحيتي.

من بين ممتلكاتي الثمينة التي اشتريتها من إنجلترا وأحضرتها الى أمريكا كان كتاب «شكسبير الأصل The Essential

Shakespear» تأليف جي دوفر ويلسون وهو السيرة الذاتية الموجزة لشكسبير ويحتوي على معظم الاقتباسات من جونسون التي أعدت كتابتها هنا. وكتاب ويلسون لا يمثِّل عملاً أدبياً ولا تاريخياً ولكنه في موقع الوسط بين هذا وذاك. وهو قائم على شهادات مباشرة من جونسون وآخرين. إلا أن ويلسون استغل خياله والوثائق التاريخية الضئيلة لإظهار شكسبير إلى الضوء وخصوصاً أن الدليل الأول على أن شكسبير مثَّل في مسرحية جونسون إنما تأتي من وثيقة مؤرخة في عام 1709 بعد مرور ما يزيد عن مائة عام عن الحدث. ونحن نعلم أن شكسبير كان مشهوراً كممثل كما كان كاتباً ولا أرى سبباً يدعو إلى الشك في القصة التقليدية التي يرويها ويلسون.

لحسن الحظ أن الوثائق التي تشكِّل دليلاً على حياة وأفكار فينمان ليست ضئيلة. والمجلَّد الحالي من هذه الوثائق يقدِّم لنا صوتاً صادقاً لما سجَّله فينمان في محاضراته وكتاباته من حين لآخر. وهذه الوثائق غير الرسمية موجَّهة للحضور العام وليس لزملائه العلميين. وفيها نرى فينمان كما كان، يلعب دائماً بأفكاره، ولكنه جاد تماماً حول الأشياء التي تهمه. والأمور التي كانت موضع اهتمامه هي الصدق والاستقلالية والرغبة في الاعتراف بالجهل. كان يبغض السلطة ويجد متعة في صداقة الناس في جميع مناحي الحياة، لقد كان مثل شكسبير ممثلاً ذو موهبة في الفكاهة.

وإلى جانب حبِّه الفائق للعلم كان لفينمان رغبة قوية في الفكاهة والمتعة البشرية العادية. فبعد أسبوع من تعرُّفي عليه كتبت رسالة لوالدي في إنكلترا أصفه فيها «كنصف عبقري ونصف مهرج». ففي طيات صراعه البطولي لفهم قوانين الطبيعة كان يحب أن يسترخي مع الأصدقاء يقرع الطبول ويسلي الجميع بأحجياته وقصصه. وكان يشبه شكسبير في هذا أيضاً، ومن كتاب ويلسون أقتبس شهادة جونسون:

«عندما كان يجلس للكتابة كان يصل الليل بالنهار ويضغط على نفسه دون هوادة ولا يأبه إلى أن يُغمى عليه. وعندما يترك الكتابة، كان ينغمس في الرياضة والفوضى لدرجة تيأس معها من إرجاعه إلى كتابه ولكن حال الوصول إلى الكتاب كان يبدو أكثر قوة وأكثر تيقظاً».

هذا هو شكسبير وهذا هو فينمان الذي عرفته وأحببته حب العبادة.

فريمان جي. ديسون
معهد الدراسات المتقدمة
برنستون، نيوجرسي

تقديم المحرر

كنت مؤخراً من بين الحضور في محاضرة في مختبر جيفرسون المهيب بجامعة هارفرد وكانت الدكتورة لين هاو من معهد رولاند هي المحاضرة وكانت قد أجرت لتوها تجربة تم تناقلها على أعلى مستوى المجلة العلمية الشهيرة «نيتشر» ولكن على الصفحة الأولى من نيويورك تايمز. وفي التجربة قامت (مع مجموعة بحثها من الطلبة والعلماء) بتمرير أشعة ليزر من خلال نوع جديد من المواد تُسمَّى «مكثَّف آينشتاين بوز» (حالة كمية غريبة تتوقف فيها حزمة من الذرَّات، المبرَّدة حتى درجة الصفر، عن الحركة تماماً وتعمل كلها بمثابة ذرَّة واحدة أدَّت إلى إبطاء حزمة الضوء إلى درجة غير معقولة بسرعة 38 ميلا في الساعة» والضوء عادة ينتقل بأقصى سرعة له وهي 186٫000 ميل/ ثانية أو 669٫600٫000 ميل في الساعة في الفراغ ولكن عملياً تخف سرعته عندما يمر من خلال أي وسط مثل الهواء أو الزجاج ولكن بكسر مئوي من سرعته في الفراغ. ولكنك بإجراء

عملية حسابية سترى أن 38 في الساعة مقسَّمة على 6ر669 مليون ميل تساوى 00000006ر. أو سدس المليون من سرعته في الفراغ. ولوضع هذه النتيجة في رسم منظوري فإنها تصبح كما لو أن غاليليو قد أطلق قذائفه من برج بيزا واستغرق وصول هذه القذائف إلى الأرض مدة سنتين.

جعلتني المحاضرة مُنهَك القوى (وأعتقد أنه حتى آينشتاين كان سيكون كذلك) وشعرت للمرة الأولى في حياتي بأنني مسحوق بما سمَّاه ريتشارد فينمان «ضربة الاكتشاف» ذلك الشعور المفاجىء (ربما مماثل لعيد الظهور وإن يكن شعوراً بديلاً في هذه الحالة) بأنني قد استوعبت فكرة رائعة جديدة وأن هناك شيئاً جديداً في هذا العالم وإنني كنت حاضراً لهذا الحدث العلمي التاريخي وهو شعور لا يقلّ إثارة عن شعور نيوتن عندما أدرك تلك القوة السحرية التي أدَّت إلى سقوط تلك التفاحة المشكوك فيها على رأسه وكانت نفس القوَّة التي تقود إلى دوران القمر حول الأرض أو شعور فينمان عندما حقَّق تلك الخطوة التي يُحسد عليها في فهم طبيعة التفاعل بين الضوء والمادة التي قادت في النهاية إلى حصوله على جائزة نوبل.

أثناء جلوسي بين الحضور شعرت كما لو أن فينمان يطل من على كتفي ويهمس في أذني قائلاً: «ألا ترى؟ هذا هو السبب الذي يدعو العلماء إلى المثابرة في أبحاثهم ولهذا نصارع مستميتين من أجل نذر يسير من المعرفة ونسهر الليالي بحثاً عن

إجابات للمشكلات ونتسلّق أصعب العقبات للحصول على فهم يسير لنصل في النهاية إلى اللحظة الممتعة لضربة الاكتشاف وهي جزء من متعة اكتشاف الأشياء»*. كان فينمان يقول دائماً أنه بحث في الفيزياء ليس سعياً وراء المجد ولا المكافآت ولا الجوائز ولكن من أجل «متعتها» من أجل السعادة الغامرة لاكتشاف كيفية سير الكون، وما الذي يجعله يسير.

إن تراث فينمان يكمن في انغماسه وتفرّغه للعلم، منطقه وطرقه ورفضه للعقائد واتساعه اللامحدود في الشك. لقد آمن وعاش فينمان بعقيدة أن العلم، عندما يُستعمل بروح المسئولية، لا يمكن أن يكون مجرَّد متعة ولكنه يكون ذا قيمه لا تقدَّر لمستقبل المجتمع الإنساني.

وحاله حال جميع العلماء والعظام، فقد أحبَّ فينمان أن يشارك زملاءه وكذلك عامة الناس غرائب الطبيعة. وليس هناك أوضح من عاطفة فينمان للمعرفة من مجموعة أعماله القصيرة (والتي تم نشر معظمها سابقاً وبقيت واحدة منها غير منشورة).

إن أفضل طريقة للاستمتاع بعبقرية فينمان هي قراءة هذا

* من الأحداث المذهلة جداً، إن لم تكن في حياتي، فإنها في مسيرتي في النشر أنني عثرت على المخطوطة الخفية منذ زمن طويل والتي لم تنشر من قبل للمحاضرات الثلاث لفينمان التي ألقاها في جامعة واشنطن في أوائل الستينات التي أصبحت كتاب «معنى كل شيء» ولكن ذلك كان متعة العثور على الأشياء أكثر من متعة اكتشاف الأشياء.

الكتاب لأنك ستجد هنا تنوعاً واسعاً من المواضيع التي فكَّر فيها فينمان بعمق وعالجها بطريقة ساحرة ليس الفيزياء وحسب بل أيضاً التعليم الذي لم يتفوَّق أحد عليه فيه وكذلك الدين والفلسفة ورُعب المسرح الأكاديمي، ومستقبل علم الكومبيوتر وتقنية البلايين التي كان أول رائد فيها والتواضع والهزل في العلم ومستقبل العلم والحضارة، وكيف ينبغي أن ينظر العلماء الناشئون إلى العالم والعمى البيروقراطي المؤلم الذي قاد إلى مصيبة سفينة الفضاء «تشالنجر» ذلك التقرير الرئيسي الذي جعل من «فينمان» حديث كل منزل.

من المُلفت للنظر أن هناك تكراراً ضئيلاً في هذه المقالات ولكن في المواقع القليلة التي تتكرر فيها قصة في قطعة ثانية. سمحت لنفسي أن أُلغي واحدة منها لأُريح القارىء من تكرار لا داعي له. وقد أضفت علامات الحذف (000) للإشارة إلى مكان إلغاء «جوهرة» مكرَّرة.

كان لفينمان موقفاً متهاوناً من القواعد الصحيحة ويظهر هذا جلياً في معظم أعماله والتي نُقلت من محاضرات أو مقابلات شفوية. ومن أجل المحافظة على صبغة فينمان فقد أبقيت على عباراته غير القواعدية. إلا أنه عندما يؤدي نص ضعيف أو متقطّع إلى جعل كلمة أو عبارة غير مفهومة أو غريبة فقد كنت أصحّحها كي تكون مفهومة وأعتقد أن النتيجة كانت أُسلوب فينمان المقروء غير المحرَّف.

سيظل فينمان الموقر في حياته والمبجَّل في ذكراه مصدر حكمة للناس من كافة مناحي الحياة. وآمل أن يكون هذا الكنز درَّة أحاديثه ومقابلاته ومقالاتهمحفزاً ومسلياً لأجيال الجماهير المُخلصة والروَّاد الجدد لفكر فينمان الغريب.

لذلك اقرأ واستمتع ولا تتردَّد في أن تضحك أحياناً بأعلى صوتك أو تتعلم درساً أو اثنين عن الحياة وكن ملهماً. وفوق هذا كلُّه جرِّب متعة اكتشاف الأشياء حول الإنسان غير العادي.

أود أن أتقدَّم بالشكر إلى ميشيل وكارل فينمان على كرمهما ودعمهما الدائم من الساحليين. والدكتورة جوديت غودشتاين وبوني لوديت وشيلي إروين من أرشيف كاليتك على مساعدتهم التي لا تقدَّر بثمن وكرمهم وخصوصاً فريمان دايسون على تقديمه الرائع الملهم.

كما أود أن أعبِّر عن شكري لجون غريبين وتوني هِيْ وميلاني جاكسون ورالف ليتون على نصائحهم المتكرِّرة طيلة عملي في هذا الكتاب.

جيفري روبنز
ريدنغ، ماساتشوسيتس

1

متعة اكتشاف الأشياء

هذه نسخة أُعدَّت للنشر لمقابلة أُجريت مع فينمان لبرنامج «هوريزون Horizon» التلفزيوني لهيئة الإذاعة البريطانية عام 1981 والتي عُرضت في الولايات المتحدة كقصة نوفا. كان فينمان في ذلك الوقت قد قضى معظم حياته (توفي في عام 1988) لذلك استطاع أن يعكس تجاربه وإنجازاته من منظور لا يتأتَّى لشاب أصغر. وكانت النتيجة نقاش لطيف وهادئ وشخصي جداً لمواضيع عديدة قريبة من قلب فينمان: لماذا تكون معرفة اسم شيء ما تماماً كعدم معرفة أي شيء أبداً عنه. كيف استطاع هو وزملاءه من علماء الذرَّة في مشروع مانهاتن أن يشربوا شراب النجاح ويبتهجوا بالسلاح المخيف الذي أوجدوه بينما في الطرف الأخر من العالم في هيروشيما مثلاً الملايين من أقرانهم

البشر قد ماتوا أو يموتون منها وكيف استطاع أن يستمر فينمان بدون جائزة نوبل.

جمال الوردة

لي صديق فنَّان كان يلتقط أحياناً صورة لمنظر قد لا أُوافق عليه تماماً. كان يمسك بالوردة ويقول: «انظر كم هي جميلة» وأوافق معه. ثم يقول «ألا ترى، أنا كفنَّان أستطيع أن أرى كم هي جميلة ولكن أنت كعالم عندما تجرِّدها من هذا كله» تصبح شيئاً باهتاً، وأنا أعتقد أنه غريب الأطوار. أولاً إن الجمال الذي يراه هو مرئي لي وللآخرين أيضاً. وأعتقد أنني ربما لا أكون مُرهف الحس من ناحية جمالية كما هو حاله ولكنني أستطيع أن أُقدِّر جمال الوردة. وفي الوقت ذاته فإنني أستطيع أن أرى أشياء أكثر منه في الوردة. أستطيع أن أتخيَّل الخلايا فيها والعمليات المعقَّدة بداخلها والتي تنطوي على الجمال. أقصد أن الجمال ليس في مجرد بُعد سنتيمتر واحد بل هناك جمال في بُعد أصغر، في البنية الداخلية للوردة. كذلك انظر الى العمليات، صحيح أن الألوان في الوردة تشكَّلت كي تجذب الحشرات لتلقيحها وهذا أمر مثير، ولكن هذا يعني أن الحشرات تستطيع أن ترى الألوان. وهذا يضيف سؤالاً: هل يوجد هذا الحس الجمالي في المخلوقات الأصغر؟ ولماذا هو جمالي؟ فجميع أنواع الأسئلة المثيرة التي تبيِّن المعرفة العلمية تضيف إثارة

ورهبة إلى الوردة. إنها تضيف فقط ولا أدري كيف يعتبر الآخرون إنها تقلِّل.

تلافي النواحي الإنسانية

لقد كنت دائماً ذا جانب واحد من ناحية العلم وعندما كنت يافعاً ركَّزت كل جهودي تقريباً عليه. لم يكن لدي وقت للتعلُّم ولم يكن لدي صبر على ما يُسمَّى النواحي الإنسانية على الرغم من وجود مواد إنسانية لا بد من دراستها في الجامعة. إلا أنني بذلت قصارى جهدي لتعلُّم أي شيء. وعندما كبرت شعرت باسترخاء أكثر واكتسبت تعليماً أوسع فقد تعلمت الرسم والقراءة قليلاً ولكني لا زلت أحادي الجانب ولا أعرف الكثير. فذكائي محدود وأستعمله في اتجاه محدد.

الديناصور في النافذة

كان لدينا موسوعة بريتانيكا في المنزل Encyclopaedia Britannica وحتى عندما كنت طفلاً صغيراً اعتاد والدي أن يُجلِسني في حُضنه ويقرأ لي من هذه الموسوعة. وكنا نقرأ مثلاً عن الديناصورات وربما كان ذلك عن البرونتوصور أو ملك الديناصور وكان يقرأ شيئاً من هذا القبيل «يبلغ طوله خمسة وعشرون قدماً ورأسه ستة أقدام» وكان يتوقف عن قراءة ذلك ويقول «دعنا نرى ما الذي يعنيه هذا. هذا يعني إنه إذا وقف في ساحة منزلنا الأمامية وكان طويلاً لدرجة أن يطل برأسه من

النافذة ـ ولكن ليس من خلالها بالضبط لأن رأسه عريض جداً ـ فإنه سيكسر النافذة عند مروره بها».

كنا نُترجم كل ما كنَّا نقرأه إلى نوع من الحقيقة على أرض الواقع وهكذا تعلَّمت أن أقوم أنا أيضا بذلك ـ كل ما أقرأه أحاول أن أتصور ماذا يعني حقيقة وماذا يقول فعلاً بالترجمة ضاحكاً وهكذا تعوَّدت أن أقرأ الموسوعة عندما كنت طفلاً ولكن بترجمة ذلك إلى أرض الواقع أيضاً فقد كان من المدهش والممتع أن تفكر أن هناك حيوانات بهذه الضخامة ـ لم أكن أخاف أن يأتي يوماً واحد منها الى نافذتنا، لم أعتقد ذلك، ولكنني اعتقدت أن من الممتع جداً جداً إنها انقرضت كلها في ذلك الحين ولا أحد يعرف ما هو السبب في ذلك.

اعتدنا أن نذهب الى جبال كاتسكيل. كنا نقطن في نيويورك وكانت جبال كاتسكيل مكان الاستجمام الذي يرتاده الناس في الصيف مع الآباء ـ كان هناك مجموعة كبيرة من الناس لكن الآباء كانوا يعودون إلى نيويورك للعمل أثناء أيام الأسبوع ولا يرجعون إلى هذه الجبال إلا في عطلة نهاية الاسبوع التالي. وعندما يعود والدي من عمله كان يصطحبني في نزهة عبر الغابات ويحدّثني عن عدة أشياء مشوّقة تحصل في الغابات والتي كنت أفسِّرها في دقيقة ـ ولكن عندما كانت الأمهات يرون ذلك كن يعتقدن أن هذا رائع جداً وإنه ينبغي على الآباء الآخرين أن يفعلوا نفس الشيء مع أبنائهم وكن

يحاولن جاهدات من أجل ذلك دون أن يفلَحن. كُن يرغبن أن يصطحب والدي كل الأطفال معه لكنه لم يكن يرغب في ذلك لأن له علاقة خاصة بي ـ كان يجمعنا شيء شخصي معاً ـ وكانت النتيجة أن الآباء الآخرين بدأوا يأخذون أولادهم في نزهة في عطلة نهاية الأسبوع التالية. وفي يوم الاثنين عندما كان الآباء يعودون جميعاً إلى العمل، كان الأطفال كلهم يلعبون في الحقل وقال لي طفل منهم ذات مرة: «ألا ترى ذلك الطائر» ما نوعه؟» وكنت أجيبه «ليس لدي أدنى فكرة عن نوعه» ويجيب «إنه طائر سُمن بني الرقبة» أو يقول «يبدو إن والدك لا يقول لك شيئاً» لكن على العكس: إن والدي قد علَّمني فعلاً. فعندما ينظر إلى الطائر كان يقول: «هل تعلم ما هذا الطائر؟ إنه طائر سُمن بني الرقبة ولكن بالبرتغالية... وبالإيطالية... وبالصينية... وباليابانية...» «والآن أنت تعرف بكل اللغات التي تريد أن تعرف بها اسم الطائر وعندما تنتهي من ذلك كله فإنك لن تعرف أي شيء عن ذلك الطائر. أنت تعرف فقط عن ناس في أماكن مختلفة وماذا يسمّون هذا الطائر. ثم يقول «دعنا ننظر إلى الطائر» لقد علَّمني كيف أُلاحظ الأشياء، وذات يوم وبينما كنت ألعب فيما نسميه عربة سريعة وهي عربة صغيرة ذات سكك حولها يلعب بها الأطفال ويجرُّوها. كان بداخلها كرة ـ أتذكَّر ذلك ـ كان بداخلها كرة وكنت أجر العربة ولاحظت شيئاً حول طريقة حركة الكرة وعندها ذهبت إلى والدي وقلت

«لقد لاحظت شيئاً يا والدي ـ عندما أجر العربة فإن الكرة تتدحرج إلى خلف العربة وبينما أجرها الى الأمام وأتوقَّف فجأة فإن العربة تتدحرج إلى أمام العربة» وكنت أسأله «لماذا ذلك؟» وكان يقول لي «هذا شيء لا يعرفه أحد» «إن المبدأ العام هو أن الأشياء التي تتحرك تحاول أن تواصل حركتها والأشياء الساكنة تبقى ساكنة ما لم تدفعها بقوة» وكان يقول «هذه الحالة تسمَّى القصور الذاتي ولكن لا أحد يعرف لماذا هي صحيحة». هذا فهم عميق ـ إنه لا يعطيني اسماً. لقد عرف الفرق بين معرفة اسم شيء ما ومعرفة الشيء، وهو أمر تعلَّمته مبكراً. وتابع يقول «لو أنك نظرت عن كثب فإنك ستجد أن الكرة لا تندفع إلى مؤخرة العربة ولكنك فعلاً أنت الذي تجر مؤخرة العربة التي تدفعها بعكس الكرة أي أن الكرة ثابتة أو في الواقع إنها تبدأ بالتحرك إلى الأمام من الاحتكاك ولا تتحرك إلى الوراء» ولذلك عدت مسرعاً إلى العربة وثبّتُّ الكرة من جديد وسحبت العربة من تحت ونظرت من الجانبين ورأيت أنه في الواقع كان على حق ـ إن الكرة لم تتحرك إلى الخلف في العربة عندما سحبت العربة للأمام. لقد تحرَّكت إلى الوراء نسبة للعربة ولكن نسبة إلى الحواف الجانبية تحركت إلى الأمام قليلاً. إن العربة هي التي جذبتها» هذه هي الطريقة التي علَّمني إياها والدي، وبتلك الأنواع من الأمثلة والنقاشات، بدون ضغوط، إنه مجرَّد بحث مشوّق لطيف.

الجبر للرجل العملي

كان ابن عمي الذي يكبرني بثلاث سنوات في المدرسة الثانوية وكان يواجه صعوبة ملحوظة في مادة الجبر وكان يحضر أستاذاً خاصاً يعلِّمه إياها. كان يسمح لي أن أجلس في الزاوية «ضاحكاً أثناء محاولة الأستاذ تدريس ابن عمي الجبر مسائل مثل 2 x زائد شيئاً ما» عندها سألت ابن عمي «ما الذي تحاول أن تفعله؟» طبعاً كنت أسمعه يتكلَّم عن x ويقول «ما الذي تعرفه عن 2 $x + 7 = 15$» ويقول «وأنت تحاول أن تعرف ما هي x» ثم أُجيبه «تقصد 4» ويقول «نعم لكنك حللتها عن طريق الحساب ويجب عليك أن تحلّها عن طريق الجبر» ولهذا كان ابن عمي غير قادر على فهم الجبر لأنه لم يفهم كيف يفترض فيه أن يحلّها. لم يكن هناك وسيلة. ولحسن الحظ تعلَّمت الجبر لكن ليس عن طريق المدرسة واستيعاب الفكرة بكاملها يكمن في معرفة معنى x ولا فرق في كيفية معرفة ذلك. فليس هناك شيء تفعله عن طريق الحساب أو الجبر ـ فهذا شيء زائف اخترعوه في المدرسة من أجل الطلاَّب الذين يدرسون الجبر يستطيعون أن ينجحوا فيه ـ لقد اخترعوا مجموعة من القواعد التي لو اتبعتها دون تفكير يمكن أن تحصل على الجواب: اطرح 7 من الطرفين وإذا كان لديك مضاعف قسِّم الطرفين على المضاعف وهكذا سلسلة من الخطوات يمكن بواسطتها أن تحصل على الجواب حتى لو لم تكن تفهم ما الذي تحاول أن تفعله.

كان هناك سلسلة من كتب الرياضيات تبدأ من «الحساب للرجل العملي» ثم «الجبر للرجل العملي» ثم «المثلَّثات للرجل العملي» وتعلَّمت منها المثلَّثات للرجل العملي وسرعان ما نسيتها مرة ثانية لأنني لم أفهمها جيداً ولكن السلسلة كانت أنيقة وكانت المكتبة ستحصل على كتاب «التفاضل والتكامل للرجل العملي» وعرفت في ذلك الوقت من خلال دراسة الموسوعة أن التفاضل والتكامل هام وشيِّق ويجب علي أن أتعلَّمه. أصبحت الآن كبيراً وربما في عمر الثلاثة عشر وبعدها توفَّر كتاب التفاضل والتكامل وكنت مندهشاً وذهبت إلى المكتبة لآخذه فنظرت إلي الموظفة وقالت أنت مجرَّد طفل. فلماذا تأخذ هذا الكتاب فهو للكبار. وكانت هذه من المرات القلائل في حياتي التي شعرت فيها بالانزعاج وكذبت وقلت إنه كان لوالدي وهو الذي اختاره. لذلك أخذته إلى البيت وتعلَّمت منه التفاضل والتكامل وحاولت أن أشرحه لوالدي الذي بدأ في قراءته من البداية فوجده مربكاً وهذا ما أزعجني فعلاً نوعاً ما. لم أعرف أنه محدود لهذه الدرجة، لدرجة أنه لم يفهم، واعتقدت إنها مادة سهلة نسبياً وبسيطة ومع ذلك لم يفهمها. وكانت هذه المرة الأولى التي أعرف فيها أكثر منه في مفهوم ما.

الكتفية والبابا

من بين الأشياء التي علَّمني إياها والدى إلى جانب الفيزياء (ضاحكاً) ولا أدري إن كان ذلك صحاً أم خطأ هي أن لا أُبدي

الاحترام للمحترمين. . . . لأنواع معينة من الاشياء. مثلاً عندما كنت طفلاً صغيراً وظهرت الصور الفوتوغرفية لأول مرة في نيويورك تايمز اعتاد والدي أن يُجلِسني على ركبته ويفتح عند الصور، وصادف أن كان هناك صورة للبابا وكان الجميع في الصورة منحنين أمامه. وكان يقول «الآن انظر إلى هؤلاء الناس» يوجد شخص واقف هنا وجميع الآخرين منحنون» فما الفرق؟ هذا الشخص هو البابا ـ كان على أي حال يكره البابا ـ وكان يقول «الفرق هي الكتافيات» ـ بطبيعة الحال ليس في حالة البابا ولكن لو كان جنرالاً في الجيش ـ كان الفرق دائماً هو الزي. الرتبة». ولكن لهذا الرجل نفس المشكلات الإنسانية، فهو يتناول العشاء مثل أي شخص آخر ويذهب إلى الحمام وله نفس المشكلات كأي شخص. إنه بشر. فلماذا ينحنون أمامه؟ فقط بسبب اسمه ومنصبه، بسبب لباسه الرسمي وليس بسبب شيء خاص فعله أو شرّفه أو شيء من هذا القبيل وبالمناسبة فقد كان والدي على إلمام في مجال أعمال الأزياء الرسمية لذلك عرف ما الفرق بين الرجل وهو يرتدي البزّة الرسمية وحين ينزعها. إنه الرجل نفسه بالنسبة له.

أعتقد أنه كان مسروراً بي. ذات مرة عندما رجعت من أم. آي. تي. ـ إذ درست هناك بضع سنوات ـ قال لي: «الآن» لقد أصبحت متعلماً وتعرف هذه الأشياء ولدي سؤال واحد يراودني لم أفهمه جيداً وأود أن أطرحه عليك طالما أنك

درست ذلك وسألته عن ذلك. فقال إنه يفهم أن الذرَّة عندما تتحول من حالة إلى أخرى فإنها تبعث ذرَّة من الضوء تسمَّى فوتون فقلت له «هذا صحيح» ثم يقول «حسناً، الآن هل الفوتون في الذرَّة يسبق الزمن بحيث يخرج أم أنه لا يوجد فوتون بداخل الذرة؟. وكنت أقول «ليس هناك فوتون في الداخل بل إنه عندما يتحول الإلكترون فإنها تظهر» ويقول «حسنا» فمن أين يأتي وكيف يخرج؟ ولذلك لم أستطع أن أقول «إن عدد الفوتونات لا يخزن بل هي تخُلق بحركة الإليكترون» لم أستطع أن أحاول أن أشرح له شيئاً مثل: إن الصوت الذي أصدره الآن لم يكن بداخلي. إن الوضع لا يُشبه ولدي الصغير الذي عندما بدأ يتكلم قال فجأة إنه لا يستطيع أن ينطق بكلمة معينة ـ كانت الكلمة «قطة» لان حصيلة مفرداته قد نفذت من كلمة «قطة». لذلك ليس هناك حقيبة مفردات موجودة بالداخل كي تستعمل المفردات عندما تظهر فأنت تصنعها مع مرور الوقت وبنفس المعنى فإنه لم يكن هناك حقيبة فوتونات في الذرة وعندما يظهر الفوتون فإنه لا يظهر من مكان ما، ولكنني لم أستطع أن أشرح أكثر من ذلك. لم يقتنع مني بمعنى إنني لم أكن قادرا على شرح أي شيء لم يفهمه. لذلك لم يكن ناجحاً. فقد أرسلني إلى جميع هذه الجامعات من أجل أن أكتشف الأشياء لكنه لم يكتشفها (يبتسم).

دعوة الى القنبلة

(بينما كان فينمان عاكفاً على إعداد رسالة الدكتوراه في

الفيزياء طُلب إليه أن يلتحق بمشروع تطوير القنبلة الذرية) لقد كان أمراً مختلفاً تماماً: إن ذلك يعني أنه يجب علي أن أتوقف عن البحث الذي كنت بصدده وهو أمنية حياتي لأعمل ذلك الشيء الذي شعرت أنه ينبغي علي أن أفعله من أجل حماية الحضارة. حسناً؟ وكان علي أن أُناقش ذلك الموضوع مع نفسي. كانت ردَّة فعلي الأولى هي أنني لم أكن راغباً في الانقطاع عن عملي الطبيعي من أجل هذه المهمة الغريبة. وبطبيعة الحال فقد كان هناك مشكلة أخلاقية فيما يتعلق بالحرب وليس لي شأن كبير بها إلا أنه أخافني ما يمكن أن يؤول إليه حال هذا السلاح. لم يكن هناك شيء أعرفه وقد أشار إلى أنه لو استطعنا أن نفعله فإنهم لا يستطيعون أن يفعلوه ولذلك كان من المهم جداً أن نحاول أن نتعاون.

(في أوائل عام 1943 التحق فينمان بفريق أوبينهمر في لوس ألاموس).

فيما يتعلَّق بالقضايا الأخلاقية فإن لدي ما أقوله بشأنها. إن السبب الأساسي لبدء المشروع هو أن الألمان كانوا يشكِّلون خطراً وهذا ما حفزني لأن أُحاول أن أُطوِّر هذا النظام الأول في برِنستون ومن ثم في لوس ألاموس لمحاولة جعل القنبلة فاعلة. قمنا بجميع أنواع المحاولات لإعادة تصميمها ولجعلها قنبلة أسوأ مما هي عليه وهكذا. كان مشروعاً قمنا فيه جميعاً بجهدٍ كبير وكبير جداً متعاونين معا. وفي أي مشروع كهذا فإنك

تواصل العمل محاولاً الوصول إلى النجاح طالما أنك قررت أن تفعله. ولكن ما فعلته ـ وأقول ذلك بلا أخلاقية ـ هو عدم تذكُر السبب الذي قلت أنني أقوم بتطوير القنبلة من أجله لأنه عندما تغيَّر السبب أي ـ عندما هُزمت ألمانيا ـ فإنني لم أعد أتذكر أي شيء خطر عن المشروع وإن هذا يعني إنه يجب عليَّ الآن أن أُعيد النظر في الذي يدعوني لمواصلة عمل ذلك. أنا بكل بساطة لا أفكر جيداً؟

النجاح والمعاناة

(في 6 آب/أغسطس 1945 تم تفجير القنبلة الذرية فوق هيروشيما) إن ردَّة الفعل الوحيدة التي أتذكرها عن الحادثة ـ وربما ضللت بردة فعلي ـ كانت ابتهاجاً ملحوظاً ودهشة، وكان هناك أُناس آخرون قد ثملوا من الشرب وهذا تناقض هائل ملفت للنظر بين ما كان يحصل في لوس ألاموس وما يحصل في هيروشيما في الوقت ذاته. كنت مشاركاً بهذا الحدث السعيد وكنت أشرب وأقرع الطبول وأنا جالس على مقدمة سيارة جيب. أقرع الطبول بدهشة وأجوب لوس ألاموس بينما كان هناك في الوقت عينه أُناس يموتون ويُصارعون في هيروشيما.

كان لدي بعد الحرب ردَّة فعل قوية من نوع غريب ـ ربما تكون من القنبلة ذاتها وربما بسبب دواعي نفسية أُخرى إذ إنني كنت قد فقدت زوجتي ولكنني أتذكَّر إنني كنت مع والدتي في

مطعم، فوراً بعد هيروشيما، وكنت أُفكِّر في نيويورك وكنت أعلم بمدى كبر حجم القنبلة في هيروشيما وكبر حجم المساحة التي غطَّتها وأدركت من حيث كنا - ربما في شارع 95 - أن إسقاط قنبلة على شارع 34 سيؤدي إلى انتشارها حتى تصل إلينا هنا، وإن كل هؤلاء الناس سيُقتلون وستموت كل الأشياء ولم يكن هناك قنبلة واحدة متوفِّرة فقط ولكن كان من السهل الاستمرار في تصنيعها ولذلك فإن الأشياء كلَّها محتومة لأنه ظهر لي قبل أن يظهر للآخرين الذين هم أكثر تفاؤلاً مني - إن العلاقات الدولية وطريقة سلوك الناس لم تكن مختلفة عما كانت عليه قبل هيروشيما وإنها ستسير بنفس الطريقة كأي شيء آخر، وكنت متأكداً من أنها ستُستعمل مرة أخرى قريباً جداً.

ولذلك شعرت بعدم الراحة وفكَّرت لا بل اعتقدت أنه أمر سخيف. كنت أرى الناس يبنون جسراً وأقول في نفسي «إنهم لا يفهمون» لقد اعتقدت حقيقة إنه من الهراء بناء أي شيء لأنه سيتم تدميره بأي طريقة ولكنهم لم يفهموا ذلك وكان لدي هذه النظرة الغريبة لأي بناء أراه» كنت أفكِّر بمدى غباء الناس عندما يحاولون بناء أي شيء، فقد كنت في حالة اكتئاب.

لا يُفترض أن أكون جيداً
لأن الناس يعتقدون بأنني سأكون جيداً

(بعد الحرب انضم فينمان إلى هانزبيث* في جامعة كورنويل وقد رفض عرضاً لوظيفة في معهد برِنستون للدراسات

المتقدمة) (لابد) أنهم توقّعوني أن أكون رائعاً بدليل أنهم عرضوا عليَّ وظيفة كهذه ولم أكن رائعاً ولذلك فقد أدركت مبدأً جديداً وهو أنني غير مسئول عما يعتقد الآخرون أنني قادر على فعله. فلا يُفترض بي أن أكون جيداً لأنهم يعتقدون أنني سأكون جيداً وبطريقة أو بأخرى يمكن أن أستلقي وأُفكر بنفسي وأقول إنني لم أفعل أي شيء مهم ولن أفعل أي شيء مهم. لكنني تعوَّدت أن أستمتع بالفيزياء وبالرياضيات ولأنني تعوَّدت أن أتسلى بهما تمكَّنت خلال برهة قصيرة أن أكتشف الأشياء التي فزت من أجلها لاحقاً بجائزة نوبل**

جائزة نوبل ــ هل كان الأمر يستحق ذلك العناء؟

(مُنح فينمان جائزة نوبل على عمله في الحركة الكهربائية الكمّيّة) إن مافعلته أنا شخصياً وفعله شخصان آخران بصفة مستقلة (سينترو) توماناغا في اليابان و(جوليان) شوينغر هو تحديد كيفية ضبط وتحليل ومناقشة النظرية الأساسية الكمّية للكهرباء والمغناطيسية التي كُتبت في عام 1928، كيف نفسِّرها لتلافي الأشياء اللامتناهية وإجراء حسابات يكون لها نتائج

---

* (1906 ـ) فاز بجائزة نوبل في الفيزياء على مساهمته في نظرية التفاعلات النووية وخاصة اكتشافاته فيما يتعلق بانتاج الطاقة في النجوم.

** في عام 1965 تقاسم جائزة نوبل في الفيزياء كل من ريتشارد فينمان، جوليان شوينغر وسين ـ ايتربو توموناغا على عملهم في علم الحركة الكهربائية الكمية ونتائجها العميقة في الفيزياء للذرات الاولية.

معقولة والتي ظهرت متوافقة تماماً مع كل تجربة أُجريت حتى الآن بحيث تتناسب الحركة الكهربائية مع كل تجربة بكل تفصيل أينما طُبِّقت ـ لا تشمل القوى النووية مثلاً ـ وكان العمل الذي قمت به في عام 1947 هو معرفة كيف تمَّ ذلك ولذلك فزت بجائزة نوبل.

(هيئة الاذاعة البريطانية: هل يستحق ذلك جائزة نوبل؟)

. . . أنا لا أعرف شيئاً عن جائزة نوبل ولا أفهم عمَّا هي عليه أو ماالذي يستحق ماذا، ولكن إذا قرَّر الناس في الأكاديمية السويدية أن فلان من الناس يفوز بجائزة نوبل فليكن ذلك. لاتهمُّني جائزة نوبل. . . إنها ألم في. . . (المؤخرة). . . أنا لا أحب التشريف. أنا أقدّرها من أجل العمل الذي قمت به ومن أجل الناس الذين يقدرونه. وأنا أعلم أن هناك الكثير من الفيزيائيين يستفيدون من عملي ولا أحتاج أي شيء آخر. ولا أعتقد أن هناك أي معنى لأي شيء آخر. كذلك فإنني لا أرى جدوى من شخص ما في الاكاديمية السويدية يقرِّر إن هذا العمل نبيل بدرجة تؤهّله لاستلام جائزة ـ لقد حصلت على الجائزة. إن الجائزة في نظري هي متعة اكتشاف الأشياء، الضربة في الاكتشاف. المعلومات التي يستعملها الآخرون (عملي) ـ هذه هي الأشياء الحقيقية، والتشريف غير حقيقي بالنسبة لي.

أنا لا أؤمن بالتشريف، إنه يُزعجني، التشريفات تُزعج،

تشريف في الكتافيات، تشريف بالزي الرسمي ـ هكذا أنشأني والدي. لا أستطيع أن أطيقها إنها تؤذيني.

عندما كنت في المدرسة الثانوية كان أول تقدير لي هو أن أكون عضواً في «الأريستا» وهي مجموعة طلاب حصلوا على درجات عالية. وكان كل شخص يودّ أن يكون عضواً فيها. وعندما أصبحت عضواً فيها اكتشفت أن ما كانوا يفعلوه في اجتماعاتهم هو مجرَّد الجلوس لمناقشة من يستحق أيضاً أن ينضم إلى هذه المجموعة الرائعة التي هي نحن. لذلك جلسنا نحاول أن نقرِّر من هو الذي نسمح له بالدخول في الأريستا. هذا الشيء يُزعجني نفسياً لسبب أو لآخر، أنا لا أفهم نفسي ـ تشريف، ومنذ ذلك اليوم وحتى الآن فإنه دائماً يزعجني. وعندما أصبحت عضواً في الأكاديمية الوطنية للعلوم كان يجب عليَّ في نهاية المطاف أن أستقيل لأنها كانت مؤسسة أُخرى تقضي مُعظم وقتها في اختيار من يكون جديراً بالإنضمام إليها أو من يُسمح له أن ينضم إلينا في مؤسستنا بما في ذلك تلك الأسئلة مثل هل ينبغي علينا نحن الفيزيائيين أن نرصّ صفوفنا لأنَّ هناك كيمائياً جيداً يحاولون أن يُدخلوه وليس لدينا فراغ لكذا وكذا فما الأمر بالنسبة للكيمائيين؟ المسألة كلّها عفنة لأن غرضها على الأغلب هو تقرير من هو الذي يمكنه الحصول على هذا الشرف العظيم وأنا لا أحب التشريف.

قواعد اللعبة

(منذ عام 1995، وحتى عام 1988 كان فينمان أستاذ الفيزياء النظرية في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا) بطريقة ما وعلى سبيل التناظر التمثيلي في محاولة الحصول على فكرة عما نفعله في محاولة فهم الطبيعة هو أن نتخيَّل أن العظماء يلعبون لعبة كبيرة مثل الشطرنج وأنت لا تعرف قواعد اللعبة ولكن يُسمح لك أن تنظر إلى اللوحة على الأقل من حين لآخر وربما من زاوية صغيرة وتحاول من خلال هذه الملاحظات أن تعرف قواعد اللعبة وما هي قواعد تحريك القطع. وربما تكتشف بعد هنيهة مثلاً إنه عندما يكون فيل واحد على اللوحة فإن هذا الفيل يحافظ على لونه. وفيما بعد ربما تكتشف قانون حركة الفيل في الخط القطري مما يفسِّر القانون الذي فهمته من قبل ـ وهو أنه حافظ على لونه وهذا مماثل لاكتشاف قانون ومن ثم إيجاد فهم أعمق له. بعدئذٍ يُمكن للأشياء أن تحصل، كل شيء على ما يرام، وأنت قد عرفت كلّ القوانين ويبدو الأمر جيد جداً ومن ثم تحصل ظاهرة غريبة فجأةً في زاوية ما ولذلك تبدأ بالتحرّي ـ شيء لم تكن تتوقعه. وبالمناسبة فإننا في الفيزياء نحاول دائماً أن نبحث في الأشياء التي لا نفهم استنتاجاتها وبعد أن تفحصها بدرجة كافية نصبح مرتاحين.

والشيء الذي لا يتناسب هو الشيء الأكثر متعة وهو الشيء الذي لا يسير كما هو متوقع. كذلك يمكن أن يكون

لدينا ثورات في الفيزياء: فبعد أن رأيت أن الفيل يحافظ على لونه وأنه يسير على خط قطري وهكذا لفترة طويلة وكل شخص يعرف أن هذا حقيقي فجأة تكتشف يوماً ما في لعبة شطرنج أن الفيل لا يحافظ على لونه وأنه يغيره. وتكتشف فيما بعد احتمالاً جديداً بأن الفيل محاصر وأن بيدقاً ضئيل الشأن سار ليصبح ملكة ليُنتج فيلاً جديداً ـ هذا يمكن أن يحصل ولكنك لم تكن تعرف ذلك ولذلك فإن هذا مماثل لقوانيننا: إنها تبدو إيجابية أحياناً وتبدو فاعلة وفجأة تظهر حيلة بسيطة بأنها خطأ وعلينا بعدئذٍ أن نبحث في الظروف التي يغيِّر فيها الفيل لونه وهكذا ونتعلم تدريجياً القاعدة الجديدة التي تشرحها بعمق أكثر. وعلى غير غرار لعبة الشطرنج التي تصبح فيها القواعد أكثر تعقيداً كلما تعمَّقت فيها. ففي الفيزياء عندما تكتشف أشياء جديدة فإنها تبدو أكثر بساطة. وبشكل عام فإنها تظهر بأنها أكثر تعقيداً لأننا نعرف بتجربة أكبر، أيّ إننا نعلم عن جزئيات أكثر وأشياء جديدة، وهكذا تبدو القوانين معقَّدة مرَّة أخرى. ولكن لو أدركت طيلة الوقت ما هو نوع الروعة ـ أيّ إذا وسّعنا تجربتنا في مناطق أغرب من التجربة في كلّ مرة فإننا نحصل على هذا التكامل عندما يتّحد كل شيء معاً ليبدو أسهل مما كان عليه من قبل.

إذا كنت مهتماً بالخاصية النهائية للعالم الطبيعي أو العالم بأكمله وفي الوقت الحاضر فإنَّ الطريقة الوحيدة لفهم ذلك هي من خلال تفكير نوع من الرياضيات، بعدئذٍ لا أعتقد أن شخصاً

ما يمكن أن يقدر أو في الحقيقة يستطيع أن يقدِّر كثيراً من هذه الجوانب المحدَّدة في العالم ـ ذلك العمق الكبير لخاصية عالمية القوانين والعلاقات بين الأشياء دون أن يفهم الرياضيات. لا أعرف أيّ طريقة أُخرى لعمل ذلك ونحن لا نعرف أي طريقة أخرى لوصفها بدقة أو نرى العلاقات المتداخلة بدونها. لذلك لا أعتقد أنَّ إنساناً لم يطوِّر بعضاً من الحسّ بالرياضيات قادر بالكامل على تقدير هذا الجانب من العالم ـ لا شيء مفهوم، فهناك الكثير من الجوانب في العالم تكون الرياضيات فيها غير ضرورية مثل الحب وهو مُفرح ورائع وأن تشعر بالألم والغموض حوله وأنا لا أقصد أن أقول إن الشيء الوحيد في العالم هو الفيزياء ولكن أنت الذي كنت تتحدث عن الفيزياء وإن كان هذا ما تتحدث عنه فإن عدم معرفة الرياضيات تحجيم شديد لفهم العالم.

الذرَّات المُتحطِّمة

إنني مُنهمك حالياً في الفيزياء في مُشكلة خاصة صادفناها وسأصف ما هي. أنت تعلم أن كل شيء مصنوع من الذرَّات ونحن نعلم ذلك جيداً وغالبية الناس تعلمه جيداً وأن للذرَّة نواة وإلكترونات تدور حولها وسلوك الذرَّات في الخارج معروف تماماً وقوانينها مفهومة طالما أننا نعرف نظرية حركة الكهرباء الكمّية التي حدثتكم عنها. وبعد أن تبلور هذا كانت المشكلة

في كيفية عمل النواة وكيف تتفاعل الذرَّات وكيف تتماسك معاً؟ وكان من النتائج الفرعية هي اكتشاف الانشطار وعمل القنبلة. ولكن بالبحث في القوى التي تُمسك بالذرَّات النووية معاً كانت مهمة طويلة. في البداية كان الاعتقاد أن هناك تبادلاً لنوع من الذرَّات في الداخل التي تم اختراعها من قبل يوكاوا تسمَّى الميزون وكان من المتوقَّع أنك لو ضربت البروتون ـ وهو أحد ذرَّات النواة ـ بالذرَّة فإنها ستُقذف بالميزون إلى الخارج وبالتأكيد فإن مثل هذه الذرَّات ستخرج.

لم يخرج الميزون فقط بل خرجت ذرَّات أخرى. وبدأنا نبحث عن أسماء لها، كاوون، سيغما، لامدا وهكذا. وهي كلها تُسمَّى هادرون حالياً. ومع زيادتنا للطاقة بالتفاعل حصلنا على أنواع عديدة أكثر حتى أصبح لدينا مئات من الأنواع المختلفة من الذرَّات. بعدئذٍ فإن المشكلة طبعاً ـ هذه الفترة من 1940وحتى 1995. وحتى وقتنا الحاضر ـ هي أن نجد نمط ذلك. وبدا لنا أن هناك الكثير من العلاقات والأنماط الشيِّقة بين الذرَّات إلى أن نشأت نظرية تُفسِّر هذه الأنماط بأن جميع هذه الذرَّات كانت حقيقة مصنوعة من شيء آخر وأنها مصنوعة من شيء اسمه الكوارك، مثلاً ثلاثة من الكوارك تشكِّل بروتون واحد وأن البروتون هو أحد الذرَّات في النواة وذرَّة أخرى هي النيوترون. ظهرت الكواركات في عدة أشكال ـ في الواقع كنا في البداية بحاجة إلى ثلاثة لتفسير مئات الذرَّات والأنواع

المختلفة من الكوارك ـ وهي كلها تسمَّى نوعية u، نوعية d ونوعية s. وكانت ذرَّتان من u وذرَّة من d تُشكِّل بروتون وذرَّتان من d وذرَّة من u تُشكِّل نيوترون. ولو أنها تحرَّكت بطرق مختلفة في الداخل كانت ذرَّة أخرى. عندئذٍ حدثت المشكلة: ما هو سلوك الكوارك بالضبط وما الذي يجعلها تتماسك معاً؟ وتمَّ التفكير بنظرية كانت بسيطة جداً وهي مماثلة لنظرية حركة الكهرباء الكمّية ـ ليست نفسها بالضبط ولكن قريبة جداً منها ـ والتي يكون فيها الكوارك شبيهاً بالإلكترون وتسمَّى فيها الذرَّات غلون ـ وهي التي تدور بين الإلكترونات وتجعلها تجذب بعضها الآخر كهربائياً ـ وهي شبيهة بالفوتونات. وكان الحساب مشابهاً جداً مع وجود عبارات قليلة مختلفة اختلافاً طفيفاً. والاختلاف في صيغة المعادلة التي تم تخمينها بمبادئ وجمال وبساطة ليست عشوائية وهي محددة جداً جداً. والعشوائي هو عدد الأنواع المختلفة من الكوارك الموجود، ولكن ليس سلوك القوة القائمة بينها.

والآن على غِرار مُغاير للحركة الكهربائية والتي يمكن فيها فصل إلكترونين عن بعضهما كما تشاء. بل في الحقيقة عندما تكون بعيدة جداً فإن القوة تضعف. ولو أن هذا صحيح بالنسبة للكوارك فإنك تتوقع إذا ضربت بقوة ببعضها البعض فإن الكوارك سيخرج. ولكن بدلاً من ذلك فإنك عندما تقوم بتجربة بطاقة كافية لخروج الكوارك فإنك بدلاً من ذلك تجد تفجراً

كبيراً. أي أن جميع الذرات تدور في نفس الاتجاه مثل الهادرون القديم بدون كوارك ومن النظرية كان من الواضح أن ما هو مطلوب عندما يخرج الكوارك تجعل منه في مجموعات صغيرة وتكوّن الهادرون.

والسؤال لماذا الأمر مختلف في حركة الكهرباء. كيف أن هذه الفروق البسيطة في العبارات المختلفة في المعادلة تؤدي إلى تأثيرات مختلفة بالكامل؟ في الحقيقة كان من المُذهل جداً لغالبية الناس أن تكون النتيجة هكذا، وأن أول ما تفكِّر به هو أن النظرية خطأ، ولكن كلَّما درستها أكثر كلما اتَّضح أنه من الممكن جداً أن هذه العبارات الإضافية ستقود إلى هذه النتائج. نحن الآن في وضع مختلف في التاريخ عن أي وقت آخر في الفيزياء وهو مختلف تماماً. لدينا نظرية كاملة ومحدَّدة من جميع هذه الهادرونات ولدينا عدد هائل من التجارب والكثير من التفاصيل. لذلك لماذا لا نستطيع أن نختبر النظرية مباشرةً لنعرف إن كانت صحيحة أم خطأ؟ لأنه ما يجب أن نفعله هو حساب نتائج النظرية. فإن كانت هذه النظرية صحيحة فما الذي ينبغي أن يحصل، وحصل هذا؟ حسناً، الصعوبة هذه المرة هي في الخطوة الأولى. فإن كانت النظرية صحيحة فإنه من الصعب تصوُّر ما الذي ينبغي أن يحصل. إن الرياضيات اللازمة لبلورة نتائج هذه النظرية تبيِّن إنها صعبة للغاية في الوقت الحاضر. في الوقت الحاضر ـ تماماً؟ ولذلك فمن الواضح أن مشكلتي ـ هي

محاولة تطوير طريقة للحصول على أرقام من هذه النظرية لاختبارها فعلياً بدقَّة وليس بطريقة نوعية لرؤية فيما إذا أمكن إعطاء النتيجة الصحيحة.

لقد أمضيت بضع سنوات أُحاول أن اخترع أشياء رياضية تمكِّنني من حلِّ المعادلات ولكني لم أتوصل إلى شيء، وبعدها قرَّرت إنه من أجل أن أفعل ذلك فإنه يجب علي أولاً أن أفهم بطريقة أو بأخرى كيف يُمكن أن يكون الجواب. إنه من الصعب أن أشرح ذلك جيِّداً، ولكن يجب عليَّ أن أكوِّن فكرة نوعية حول عمل الظاهرة قبل أن أتمكَّن من الحصول على فكرة كمّية. بمعنى آخر فإن الناس لم يعرفوا فكرة عامة حول عملها ولذلك فقد كنت أعمل في السنة أو السنتين الأخيرتين حول فهم عام لكيفية عملها وليس كمّياً على أمل إمكانية صقل المعرفة العامة مستقبلاً ووضعها في أداة رياضية دقيقة أو لوغاريتمية تُستخلص من النظرية إلى الذرَّات. يُمكنك أن ترى كيف يكون الإنسان في وضع مُضحك: إننا لا نبحث عن النظرية، إن النظريَّة موجودة ـ نظرية جيِّدة مرشحة ولكننا في خطوة العلم نحتاج فيها إلى مقارنة النظرية بالتجربة والنظر إلى النتائج واختبارها. نحن بصدد رؤية النتائج، وهدفي ورغبتي هي أن أرى إن كنت أستطيع أن أجد طريقاً للحصول على نتائج هذه النظرية. (يبتسم) إنه موقف جنوني أن يكون لديك نظرية وغير

قادر للحصول على النتائج» أنا لا أطيق هذا ويجب علي أن اكتشف ذلك ربما يوماً ما.

دع جورج يفعل ذلك

كي تؤدي عملاً فيزيائياً كبيراً جيداً بشكل حقيقي فإنك تحتاج إلى وقت لا يُستهان به، لأنك عندما تجمع أفكاراً غامضة وصعبة التذكر معاً فإن ذلك أشبه ما يكون ببناء بيت من البطاقات كل واحدة مهتزَّة وإذا نسيت واحدة منها فإن كل البناء ينهار مرة أخرى. وأنت لا تعرف كيف وصلت إلى تلك المرحلة وعليك أن تبنيها مرة أخرى وإذا تمَّت مقاطعتك أثناء العمل أو ربما نسيت نصف الفكرة لكيفية ترابط البطاقات معاً ـ البطاقات هي الأجزاء المختلفة من الأفكار المتعدِّدة التي يجب أن تنسجم معاً لبناء الفكرة ـ والنقطة الرئيسية هي أن تجمع المادة، إنها قلعة ومن السهل أن تنزلق، إنها بحاجة إلى تركيز كبير ـ أي وقت كاف للتفكير» لذلك فقد اخترعت خرافة أخرى لنفسي ـ وهي أنني غير مسئول. أقول لكل الناس بأنني لا أعرف شيئاً. فإذا طلب مني أيّ شخص أن أكون في لجنة لتولِّي أمور القبول أقول له أنا غير مسئول. أنا لا يهمّني الطلبة ـ بطبيعة الحال أنا أهتم بالطلبة، ولكني أعلم أن شخصاً ما سيفعل ذلك ـ وأخذ موقف «دع جورج يفعل ذلك» وهو موقف لا يفترض فيك أن تأخذه لأن هذا ليس صحيحاً أن تفعله ولكني

أفعل ذلك لأني أحب أن أعمل في الفيزياء وأُريد أن أرى إن كنت لا أزال قادراً على عمل ذلك. ولذلك فأنا أناني. . . . صحيح؟ أريد أن أعمل في الفيزياء.

ضَجِر من التاريخ

جميع الطلاب في الفصل، والآن تسألني عن أفضل طريقة ينبغي أن أدرّسهم فيها. هل أدرّسهم من وجهة نظر تاريخ العلم أم من التطبيقات؟ إن نظريتي هي أن أفضل طريقة للتدريس أن لا تكون لديك فلسفة. أن تكون فوضوياً وان تدمج الأمور بمعنى أن تستعمل كل طريقة مُمكنة لعمل ذلك. هذه هي الطريقة الوحيدة التي أراها لأجيب على ذلك السؤال بحيث تجذب هذا الشخص أو ذاك في مواضيع مختلفة أثناء الدرس كي يكون الشخص الذي يهتم بالتاريخ ضجراً من الرياضيات البحتة ويكون الشخص الآخر الذي يحب الرياضيات ضَجِراً في وقت آخر من التاريخ فإن استطعت أن تفعل ذلك فإنك لن تشعرهم بالضجر طيلة الوقت وربما تكون أنت في وضع أفضل. أنا لا أعرف حقيقة كيف أفعل ذلك. ولا أعرف كيف أُجيب على هذا السؤال من أنواع مختلفة من العقول واهتمامات مختلفة. ما الذي يشدُّهم، وما الذي يهمهم وكيف توجِّههم كي يصبحوا مهتمين. وأحد الطُرق هي عن طريق القوَّة، عليك أن تجتاز هذه الدورة وأن تدخل هذا الامتحان. إنها طريقة فعَّالة

جداً. كثير من الناس يدرسون في المدارس بهذه الطريقة وربماتكون طريقة أكثر فعالية. إنني آسف، فبعد سنوات عديدة جداً من التجربة في التدريس وتجربة الأنواع المختلفة من الطرق فإنني لا أعرف حقيقة كيف أفعل ذلك.

الابن سر أبيه

عندما كنت طفلاً حصلت على رفسة من والدي وهو يروي لي الأشياء. لذلك حاولت أن أروي لابني أشياء كانت مشوَّقة عن العالم. فعندما كان صغيراً جداً اعتدنا أن نهزّه في السرير إلى أن ينام، كما ونروي له القصص وكنت أختلق قصة حول أُناس قلائل من الكبار الذين يتمشون ويجوبون الأرض ويذهبون في نزهات ثم يسيرون في الغابات ذات الأشجار الباسقة العارية من الأوراق باستثناء ساق واحدة ويتجوَّلون في وسطها. وكان تدريجياً يعتقد أنه هو البساط، زغب البساط، البساط الأزرق وكان يحب هذه اللعبة لأنني تعوَّدت أن أصف كل هذه الأشياء من وجهة نظر غريبة وكان يُحب أن يستمع للقصص وكنا نفعل كافة الأشياء المثيرة ـ لقد ذهب إلى كهف رطب، حيث كانت الريح تهب جيئة وذهاباً ـ كان الهواء يدخل بارداً وخرجنا من الكهف نشعر بالسخونة وهكذا. كما لو أن الهواء كان يدخل في أنف كلب، وبطبيعة الحال كنت أروي له كل ما يتعلق بعلم ووظائف الأعضاء وهكذا. كان يحب ذلك

وقلت له أشياء كثيرة واستمتعت بها لأني كنت أقول له أشياء أحببتها وكنا نستمتع عندما كان يخمِّنها. بعدئذٍ رُزقت بطفلة وحاولت أن أفعل ذات الشيء معها ـ حسناً كانت شخصية ابنتي مختلفة لم تكن ترغب في سماع هذه القصص بل كانت ترغب في القصص المكرَّرة في الكتاب وأكرِّر القراءة لها. كانت تريد أن أقرأ لها ولكن لا أؤلِّف لها قصصاً. وهي شخصية مختلفة ولذلك إن كان عليَّ أن أُخبرك عن طريقة جيدة لتعليم الأطفال عن العلوم فهي من خلال تأليف هذه القصص عن الناس الصغار لكنها لم تفلح أبداً مع ابنتي بل كانت مجدية مع ابني.

العلم الذي هو ليس علماً....

نظراً لنجاح العلم فإنني أعتقد أن هناك نوع من العلم الزائف. فالعلوم الاجتماعية مثال على العلم الذي هو ليس علماً. إنهم لا يفعلون شيئاً بطريقة علمية. إنهم يتبعون الأشكال أو أنك تجمع المعلومات وتفعل كذا وكذا وهكذا ولكن لا يوجد أي قوانين ولم يكتشفوا أي شيء. ولم يصلوا إلى شيء بعد، وربما سيصلون يوماً ما ولكن لا شيء مطوَّر بشكل جيد ولكن ما يحصل إنما يحصل على مستوى دنيوي. لدينا خبراء في كل شيء يظهر كما لو أنهم خبراء علوم. إنهم ليسوا علميين بل يجلسون على الآلة الكاتبة ويفعلون شيئاً مثل الغذاء المزروع مع سماد عضوي أفضل من الغذاء المزروع بسماد غير عضوي.

قد يكون صحيحاً أو غير صحيح ولكن ذلك لم يثبُت بأي طريقة. إنهم يجلسون على الآلة الكاتبة ويفعلون ذلك كله كما لو أنه علم، ثم يصبحون خبراء في الغذاء، الأغذية العضوية وهكذا. كل هذه الأنواع من الخرافات والعلوم الزائفة الشائعة في كل مكان.

ربما أكون مخطئاً تماماً، وربما يعرفون كل هذه الأشياء ولكني لا أعتقد أني مخطئ. كما ترى لدي ميزة إنني اكتشفت صعوبة معرفة شيء حقيقي وكم يجب عليك أن تكون حذراً حول تدقيق التجارب وكم من السهل أن ترتكب الأخطاء وتستغبي نفسك. إنني أعرف ماذا يعني أن تعرف شيئاً ولذلك أرى كيف يحصلون على معلوماتهم ولا أستطيع أن أصدِّق أنهم يعرفونه، إنهم لم يقوموا بالعمل اللازم ولا البحث اللازم ولا الحرص اللازم. إن لدي شك كبير بأنهم لا يعرفون أن هذا الشيء خطأ وأنهم يُخيفون الناس. هذا ما أعتقده. أنا لا أعرف العالم بشكل جيد وهذا ما أعتقده.

الشك والريبة

إذا كنت تتوقع أن يُجيب العلم على كافة الأسئلة الغريبة عن ماهيتنا وإلى أين نحن ذاهبون وما معنى الكون الخ. . . . فإنني أعتقد أنه من السهل أن تسترشد وبعدها تبحث عن جواب ديني لكل هذه المشكلات. وكيف يمكن للعالِم أن يأخذ جواباً

صوفياً كهذا لا أدري ! لأن المنحى العام هو أن تفهم جيداً. على أيّ حال، أنا لم أفهم ذلك ولكن إن فكَرت فيه فإن طريقة تفكيري فيما نحن نفعله هو أننا نستكشف، إننا نحاول أن نكتشف العالَم بقدر ما نستطيع. يقول لي الناس «هل تبحث عن القوانين النهائية للفيزياء؟» لا. إنني أبحث لأكتشف المزيد عن العالَم وإن تبيّن لي أن هناك قانوناً نهائياً بسيطاً يشرح كل شيء، ليكن ذلك... فهذا شيء جميل جداً أن نكتشفه.

فإذا تبيّن أن الأمر شبيه بالبصلة ذات المليون طبقة وأننا نشعر بالضجر والتعب من النظر في طبقاتها فإن الأمر كذلك. ولكن أياً كانت الطريقة التي تفكِّر فيها فإن طبيعتها موجودة وأنها ستظهر على حالتها ولذلك عندما نذهب للبحث فيها فإننا يجب أن لا نقرِّر مسبقاً ما هي. إننا نحاول أن نفعل باستثناء أن نجرِّب وأن نكتشف الكثير عنها. فإذا قلت إن مشكلتك هي لماذا تكتشف المزيد عنها، وإذا اعتقدت أنك تحاول أن تكتشف المزيد عنها لأنك ستحصل على جواب لسؤال فلسفي عميق فلربما تكون مخطئاً. ربما أنك لا تستطيع الحصول على جواب لذلك السؤال المحدَّد باكتشاف المزيد عن سلوك الطبيعة ولكني لا أنظر للأمر كذلك. إن اهتمامي بالعلم هو اكتشاف العالم وكلما ازداد اكتشافي كان الامر أفضل.

هناك أسرار هامة جداً حول حقيقة أننا قادرون على عمل أشياء كثيرة أكثر مما تستطيع الحيوانات، وأسئلة أخرى من هذا

القبيل، ولكن هذه أسرار أريد أن أبحثها دون أن أعرف الإجابة عليها. ولذلك لا أستطيع أن أصدِّق هذه القصص الخاصة التي نُسجت عن علاقتنا بالعالم على نطاق واسع لأنها تبدو بسيطة جداً، مترابطة جداً، محليةً جداً. الأرض، نزل الإله إلى الأرض، انتبه، ثم انظر ماذا هناك. هذا الأمر غير مناسب. على أيّ حال لا فائدة من النقاش. لا أستطيع أن أُناقش ذلك. إنني أحاول فقط أن أخبرك لماذا تؤثِّر الآراء العلمية التي لدي على معتقداتي. وكذلك هناك شيء آخر يتعلق بالسؤال حول كيفية اكتشاف فيما إذا كان هناك شيء صحيح وفيما إذا كانت الديانات المختلفة لها نظريات مختلفة حول الشيء. عندئذٍ فإنك تبدأ تتساءل. وبمجرَّد أن تبدأ بالشك، إذ يفترض فيك أن تشك، فإنك تسألني إن كان العلم حقيقياً. وتقول لا، نحن لا نعلم ما هو الحقيقي، نحن نكتشف وربما يكون كل شيء خطأً»

ابدأ بفهم الدين بالقول إن كل شيء ممكن أن يكون خطأً، ثم دعنا نرى. وسرعان ما تفعل ذلك فإنك تبدأ بالانزلاق عن حافة يصعب أن تعود منها وهكذا. وبالنظرة العلمية أو نظرة والدي القائلة إنه ينبغي علينا أن ننظر لنرى ما هو الحقيقي وما يمكن أو لا يمكن أن يكون حقيقة، بمجرد أن تبدأ الشك وهو برأيي جزء أساسي من روحي وهو أن أشك وأسأل وعندما تشك وتسأل ثانيةً فإنه يكون من الأصعب أن تصدق.

إنك ترى، شيئاً واحداً إنني أستطيع أن أعيش بالشك

والريبة وعدم المعرفة. إنني أعتقد أنه من المشوِّق أن تعيش بلا معرفة أفضل من أن يكون لديك أجوبة ربما تكون خاطئة. لديّ أجوبة تقريبية ومعتقدات مُمكنة ودرجات مختلفة من الموثوقية حول أشياء مختلفة ولكني لست واثقاً تماماً من أيّ شيء وهناك أشياء عديدة لا أعرف شيئاً عنها مثل إذا كان هناك أيّ معنى للسؤال عن سبب وجودنا هنا وماهية السؤال المحتمل.

ربما أفكِّر بالأمر قليلاً وإذا لم أتمكن من تحديده بعدها أتحول إلى شيء آخر، ولكن لا يجب عليّ أن أعرف شيئاً أو جواباً. أنا لا أشعر بالخوف نتيجة عدم معرفتي بالأشياء، نتيجة كوني ضائعاً في عالم غامض دون هدف لي وهذه هي الحقيقة فعلاً التي أستطيع أن أقولها وهذا لا يُخيفني.

2

أجهزة الكومبيوتر في المستقبل

بعد أربعين سنة من التفجير النووي في ناغازاكي يُلقي العقل المدبّر لمشروع مانهاتن وهو السيد فينمان خطاباً في اليابان لكن الموضوع كان سلمياً ولا يزال يُشغل أذكى العقول وهو مستقبل جهاز الكومبيوتر ليشمل الموضوع الذي جعل من فينمان نوسترادامُوس علم الكومبيوتر ـ الحدّ الأدنى النهائي لحجم الكومبيوتر. قد يكون هذا الفصل تحدياً لبعض القرّاء إلا أنه جزء مهم من مساهمة فينمان في العلم، وآمل أن يتوفّر لديهم الوقت لقراءته حتى وإن كان عليهم أن يقفزوا فوق بعض النقاط الفنية. ويختتم بنقاش موجز لإحدى الأفكار المفضَّلة لفينمان والتي أطلقت الثورة الحالية في التكنولوجيا الرقمية.

مقدمة

إنها لسعادة غامرة وشرف كبير أن أكون هنا لأتحدث في ذكرى عالم احترمته وأُعجبت به وهو البروفسور نيشينا. أن أحضر إلى اليابان أتحدث عن الكومبيوتر شبيه بإلقاء عظة في بودا، ولكنني أفكر في الكومبيوتر وهذا هو الموضوع الوحيد الذي فكرت فيه عندما دعيت للتكلم.

إن أول شيء أود أن أقوله هو ما لا أريد التكلم عنه. أريد أن أتكلم عن مستقبل الكومبيوتر إلا أن أهم التطورات الممكنة في المستقبل هي الأشياء التي لن أتكلم عنها. فمثلاً هناك حجم كبير من العمل لمحاولة تطوير أجهزة أكثر ذكاء ـ أجهزة ذات علاقة أفضل مع البشر ـ بحيث يُمكن عمل المدخلات والمخرجات بمجهود أقل من البرمجة المعقدة الضرورية في وقتنا الحاضر. وهذا يندرج غالباً تحت اسم الذكاء الصناعي ولكنني لا أحب هذا الاسم فلربما تستطيع الأجهزة غير الذكية أن تعمل أفضل من الأجهزة الذكية.

هناك مشكلة أخرى وهي جعل لغات البرمجة قياسية. فهناك العديد من اللغات هذه الأيام وربما يكون اختيار واحدة منها فكرة جيدة. (إنني أتردد في ذكر هذا في اليابان لان ما سيحصل أنه سيكون هناك لغات قياسية أكثر ـ فأنتم لديكم حتى الآن أربع طرق للكتابة ومحاولة تقييس أي شيء، هنا يبدو أنه

يؤدي إلى مقاييس أكثر وليس أقل!). كما أن هناك مشكلة مستقبلية مثيرة جديرة بالعمل فيها ولكني لن أتكلَّم عنها وهي البرامج التلقائية لإزالة الأخطاء. وإزالة الأخطاء تعني معرفة الأخطاء في البرنامج أو في الآلة وإنه لمن الصعب بشكل مذهل أن تزيل الأخطاء من برنامج لأنها تصبح أكثر تعقيداً.

هناك اتجاه آخر من التحسينات هو جعل الأجهزة ثلاثية الأبعاد بدلاً من أن تكون جميعاً على سطح رقاقة. وهذا يُمكن عمله في مراحل بدلاً من كونها جميعاً في مرحلة واحدة ـ يمكن أن يكون لديك عدة طبقات ثم تُضيف عدة طبقات أخرى مع مرور الزمن. كما أن هناك أداة مهمة يمكن أن تكتشف العناصر المعيبة تلقائياً في الرقاقة. بعدئذٍ يمكن للرقاقة أن تعيد لف ذاتها تلقائياً لتلافي العناصر المعيبة. وفي الوقت الحاضر عندما نحاول أن نصنع رقاقات كبيرة هناك غالباً عيوب أو نقاط سيئة في الرقاقات وعندها نلقي بالرقاقة بكاملها فلو أننا صنعناها بحيث يمكن أن نستعمل جزء الرقاقة الجيِّد فإن ذلك سيكون أكثر فعالية. إنني أذكر هذه الأشياء لأقول لكم إنني مُدرك للمشكلات الحقيقية في أجهزة المستقبل، إلا أن ما أريد التكلم عنه بسيط جداً، إنها مجرَّد أشياء صغيرة فنية وطبيعية يمكن عملها من حيث المبدأ حسب قوانين الطبيعة، وبمعنى آخر أود أن أُناقش الجهاز وليس طريقة استعمالنا للجهاز.

سأتحدث عن بعض الاحتمالات الفنية لصنع الأجهزة،

وسيكون هناك ثلاثة مواضيع. أحدها هي أجهزة المعالجة الموازية وهو شيء في المستقبل القريب جيداً، ربما في الوقت الحاضر يعملون على تطويره. وثمة أمر آخر في المستقبل هو مسألة استهلاك الأجهزة للطاقة والتي تبدو حالياً أحد القيود ولكنها ليست كذلك في واقع الأمر. وأخيراً سأتكلم عن الحجم، فالأفضل دائماً أن نصنع حجماً أصغر، والسؤال هو مدى صغر الحجم الممكن من حيث المبدأ لجعل الأجهزة وفقاً لقوانين الطبيعة. لن أُناقش أيّ من هذه الأشياء التي ستظهر فعلياً في المستقبل وهذا يعتمد على المشكلات الاقتصادية والاجتماعية ولن أُحاول التخمين فيها.

الكومبيوترات المتوازية

الموضوع الأول يخصّ الكومبيوترات المتوازية، وجميع الكومبيوترات الحالية، الكومبيوترات التقليدية تعمل وفقاً لمخطط أو بنية اخترعها* فون نيومان، تحتوي على ذاكرة واسعة جداً تخزِّن جميع المعلومات، وموقع مركزي واحد يقوم بحسابات بسيطة. نأخذ رقماً من هذا المكان في الذاكرة، ورقماً من ذلك المكان في الذاكرة، ونرسل الاثنين إلى الوحدة الرياضية المركزية لتجمعها ثم نرسل الجواب إلى مكان آخر في

---

* جون فون نيومان (1903 ـ 1957) عالم رياضيات هنغاري ـ أمريكي يعتبر أنه من الآباء في مجال الكومبيوتر.

الذاكرة. لذلك فإن هناك معالج مركزي فعّال يعمل بسرعة قوية جداً ونشاط بارز في حين أن الذاكرة بكاملها تبقى كخزانة أرشفة سريعة للبطاقات التي تُستعمل نادراً. ومن الواضح أنه لو كان هناك معالجات أكثر تعمل في نفس الوقت فإننا يجب أن نكون قادرين على عمل حسابات أسرع. ولكن المشكلة هي أن شخصاً ما قد يستعمل جهاز معالجة ويستعمل بعض المعلومات من الذاكرة التي يحتاجها شخص آخر وهذا أمر مُربك. لهذه الأسباب فقد قيل إنه من الصعب جداً أن نحصل على عدة معالجات تعمل بطريقة متوازية.

وقد اتُخذت بعض الخطوات في ذلك الاتجاه في الأجهزة التقليدية الكبيرة تسمى «المعالجات الموجهة». فعندما تريد أحياناً أن تفعل تماماً الخطوة ذاتها لعدة بنود مختلفة يمكنك أن تفعلها في نفس الوقت. ونأمل أن يكون من الممكن كتابة برامج نظامية بالطريقة الاعتيادية ومن ثم نكتشف برنامج تفسيري تلقائياً. متى يكون من المفيد استعمال هذه الإمكانية الموجهة. وتلك الفكرة مستعملة في كمبيوترات «كري» و«الكومبيوترات الضخمة» في اليابان. ثمة خطة أخرى هي أن نأخذ عدداً كبيراً من الكومبيوترات البسيطة (ليست البسيطة جداً) ونوصلها ببعضها ضمن نمط معيَّن وبعدئذٍ يمكن كلها أن تعمل في جزء من المشكلة. وكل جهاز كمبيوتر فعلي مستقل وستنقل المعلومات

لبعضها الآخر حسب حاجتهم لها. وقد تحقَّق هذا النوع من النظام في كالتيك كوزميك كيوب وهذا يمثل فقط واحدة من إمكانيات عديدة. وكثير من الناس الآن يصنعون مثل هذه الأجهزة. وهناك خطة أخرى تتمثَّل في توزيع عدد كبير جداً من المعالجات المركزية البسيطة جدا على نطاق الذاكرة بكاملها، وكل واحد منها يعالج فقط جزءاً بسيطاً من الذاكرة وهناك نظام موسع للتوصيل فيما بينها. ومثال ذلك جهاز الوصل المصنوع في إم. آي. تي. إذ يوجد فيه 64000 معالج ونظام مسارات يمكن فيه لكل 16 أن يتحدث لأي 16 آخرين وهكذا يتوفر لدينا 4000 احتمال توصيل مسار.

يبدو أن المشكلات العلمية مثل توليد الأمواج في بعض المواد قد تعالج بسهولة بالمعالجة المتوازية وهذا يعود إلى أن ما يحدث في أي جزء من الفراغ في أي لحظة يمكن حله محلياً وما يلزم معرفته فقط هو الضغط والتحميل من الأحجام المجاورة. وهذه يمكن حلّها في الوقت ذاته لكل حجم ويتم توصيل الحالات الحدودية عبر الأحجام المختلفة. وهذا هو السبب الذي يجعل هذا النوع من التصميم عملياً لمثل هذه المشكلات. وقد تبيَّن أن عدداً كبيراً من المشكلات بجميع أنواعها يمكن معالجتها على التوازي. وطالما أن المشكلة كبيرة لدرجة أن كمية كبيرة من الحسابات لا بد وأن تتم فإن نتيجة

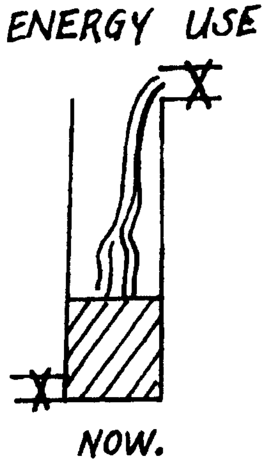
المعالجة المتوازية يمكن أن تُسرع في الوقت للحصول على الحلول بشكل هائل، وهذا المبدأ لا ينطبق فقط على المشكلات العلمية.

ما الذي حدث للتحيُّز منذ عامين سابقين بإدعاء أن البرمجة المتوازية صعبة؟ لقد تبيّن أن ما كان صعباً وربما مستحيلاً هو أن نأخذ برنامجاً عادياً وأن نتصور تلقائياً كيفية استعمال المعالجة المتوازية بطريقة فعّالة في ذلك البرنامج. وبدلاً من ذلك يجب على الشخص أن يبدأ مرة ثانية في المشكلة مقدِّراً أن لدينا إمكانية الحساب المتوازي ويُعيد كتابة البرنامج بالكامل بفهم جديد لما هو بداخل الجهاز. ومن غير الممكن أن نستعمل البرامج القديمة بطريقة فعّالة إذ لا بد من إعادة كتابتها. وهذه إحدى المساوئ الكبيرة في معظم التطبيقات الصناعية التي قوبلت بمقاومة كبيرة. لكن البرامج الكبيرة تخص علماء أو مبرمجين أذكياء آخرين غير رسميين يحبون علم الكومبيوتر ويرغبون في البدء من جديد ويُعيدون كتابة البرنامج إن كان بمقدورهم أن يجعلوه فعالاً أكثر، لذلك فإن ما سيحصل هو أن البرامج الصعبة والبرامج الضخمة الكبيرة ستكون هي أول ما يُعاد برمجته من قِبل الخبراء بالطريقة الجديدة، وتدريجياً سيطبِّق كل واحد ذلك، وستتم برمجة المزيد من البرامج بهذه الطريقة وسيكون على المبرمجين تعلُّم فقط كيفية عمل ذلك»

تقليل فقدان الطاقة

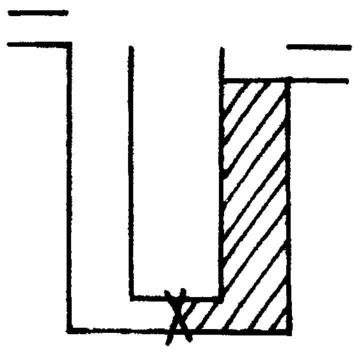
الموضوع الثاني الذي أود أن أتكلم عنه هو فقدان الطاقة في الكومبيوترات. وحقيقة أنها يجب أن تبرد هو عيب واضح لأكبر الكومبيوترات ـ يُبذل جهد لا يُستهان به في تبريد الجهاز. أود أن أوضّح أن هذا ببساطة ناتج عن هندسة سيئة جداً وليس شيئاً جوهرياً أبداً. ففي داخل الكومبيوتر هناك جزء من المعلومات يضبطها سلك ذو تيار بقيمة معينة أو أخرى وتُسمى «قطعة واحدة» ونريد أن نغيِّر التيار من قيمة إلى أُخرى ونشحن بالتيار أو نفرغ التيار. وسأعمل قياساً نظرياً بالماء. نريد أن نملأ وعاء بالماء للحصول على مستوى معين أو تفريغه لنصل إلى المستوى الآخر. هذا مجرَّد قياس، فإن كنت تريد الكهرباء أفضل، فإنك تستطيع أن تفكِّر بدقة أكثر من ناحية كهربائية. وما نفعله الآن قياساً في حالة الماء في تعبئة الوعاء بصب الماء من الأعلى «الشكل 1» ونخفِّض المستوى بفتح الصمام في الأسفل وترك الماء يجري بالكامل. في كلا الحالتين هناك فقدان للطاقة بسبب الانخفاض المفاجئ في مستوى الماء من مكان مرتفع ومن المستوى الأعلى الذي يأتي منه إلى المستوى الأسفل المتدني، وكذلك عندما تبدأ بصب الماء لملئه مرة ثانية، في حالة التيار والشحن فإن الشيء ذاته يحصل.

إن الأمر شبيه، كما أوضح مستر بينيت، بتشغيل سيارة يجب أن نبدأ بتشغيل المحرِّك وإيقافها بالدوس على الكوابح.



شكل (1)

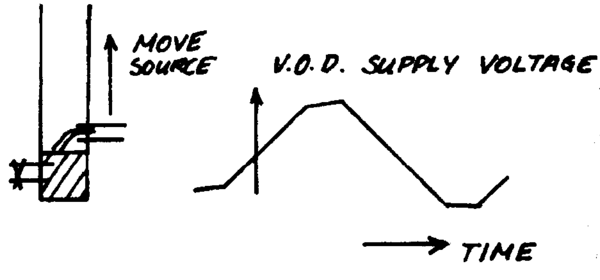
بتشغيل المحرِّك ثم الضغط على الكوابح فإنك تفقد قوة في كل مرة. ثمة طريقة أخرى لترتيب الأمور بالنسبة للسيارة هي أن تربط العجلات بدواليب موازنة. الآن عندما تقف السيارة فإن دواليب الموازنة تُسرع وبالتالي توفِّر الطاقة ومن ثم يمكن إعادة وصلها لتشغيل السيارة مرة ثانية. وعملية القياس بالماء تكون بوجود أنبوب على شكل u مع وجود صمام في الوسط في أسفله يصل بين ذراعي الأنبوب u (الشكل 2). نبدأ به مملوءاً من اليمين ولكن فارغاً من اليسار مع إبقاء الصمام مغلقاً. إذا فتحنا الصمام فإن الماء سينصب في الجانب الآخر ثم نغلق الصمام مرة ثانية تماماً في الوقت المناسب للإبقاء على الماء في الذراع الأيسر للأنبوب. والآن نريد أن نجرِّب الطريقة الأخرى. نفتح الصمَّام مرة أخرى ويعود الماء إلى الرجوع إلى الجزء



شكل (2)

الآخر ثم نحبسه مرة ثانية. هناك نوع من الخسارة والماء لا يرتفع إلى نفس المستوى الذي وصل إليه من قبل، فقدان طاقة أقل من طريقة التعبئة المباشرة. هذه الحيلة تستعمل عطالة الماء والقياس بالكهرباء هو المحاثة إلا أنه من الصعب جداً أن نقوم بواسطة ترانسستور السيليكون الذي نستعمله حالياً بالمحاثّة على الرقائق. لذلك فإن هذه الوسيلة ليست عملية خاصة بالنسبة للتقنية الحديثة.

هناك طريقة أخرى وهي أن نملأ الخزّان بمورد يبقى فقط فوق مستوى الماء بقليل لرفع مستوى الماء في الوقت الذي نملأ فيه الخزان (الشكل 3) بحيث يكون قطر الماء صغيراً دائماً خلال العملية بكاملها. وبنفس الطريقة يمكن أن نستعمل منفذاً لخفض مستوى الماء في الخزّان ولكن يجب أن نوقف الماء

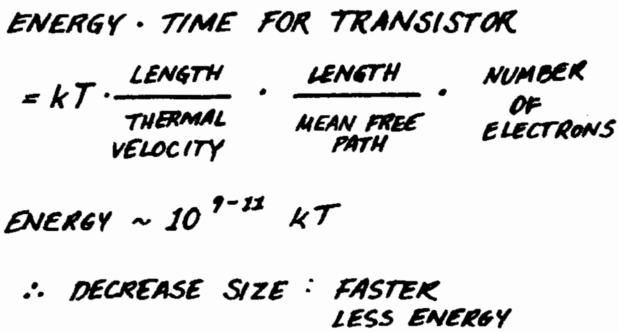


شكل (3)

عند الأعلى ثم نخفِّض الأنبوب بحيث لا يظهر فقدان الحرارة في مكان الترانسستور أو يكون قليلاً. والكمية الفعلية للخسارة تعتمد على مدى ارتفاع المسافة بين مصدر التوريد والسطح عندما نملأه. هذه الطريقة تتصل بتغيير مصدر التيار مع مرور الزمن. لذلك إذا استطعنا أن نستعمل مصدر تيار متغيِّر مع الزمن، فإنه يمكننا أن نستعمل هذه الطريقة. بطبيعة الحال هناك فقدان طاقة في مصدر التيار ولكن هذا كله موجود في مكان واحد وهناك يسهل عمل محاثة كبيرة. هذا الأسلوب يسمى «القياس الحار» لأن مصدر توريد التيار يعمل في نفس الوقت كالساعة التي تقيس كل شيء، إضافةً لذلك فإننا لا نحتاج إلى إشارات توقيت إضافية لقياس الدارات كما هو الحال في التصاميم التقليدية.

وكلا الأدائين الأخيرين يستعملان طاقة أقل إذا مشينا بطريقة أكثر بطئاً. فإذا حاولنا تحريك مستوى مصدر الماء بسرعة فإن الماء في الأنبوب لا يبقى على نفس المستوى وينتهي بوجود هبوط كبير في مستوى الماء. لذلك لجعل الأداة تعمل لا بد أن أكون بطيئاً. وبالمثل فإن نظام أنبوب u لن يعمل إلا إذا فُتح الصمام المركزي وأُغلق بدرجة أسرع من الوقت الذي يستغرقه مرور الماء في الأنبوب u جيئةً وذهاباً. لذلك يجب أن تكون أدواتي أكثر بطئاً ـ لقد وفَّرت خسارة طاقة ولكني جعلت الأدوات أبطأ. وفي الحقيقة فإن فقدان الطاقة مضروباً بعدد المرات الذي تستغرقه لتشغيل الدارات ثابت. ولكن مع ذلك فإن هذا يبدو عملياً جداً لأن زمن الساعة عادةً أكبر من زمن الدارة في الترانسستورات ويمكننا أن نستعملها لتقليل الطاقة. كذلك، إذا سرنا مثلاً أبطأ بثلاث مرات في حساباتنا فإننا يُمكن أن نستعمل ثلث الطاقة على ثلاث مرات وهي تسع مرات أقل طاقة يجب أن تتشتت. وربما بإعادة التصميم يجب استعمال كومبيوترات موازية أو أدوات أخرى فإننا نستغرق وقتاً أطول مما نستطيع أن نفعله بأقصى سرعة للدارة من أجل أن نصنع آلة أكبر تكون عملية ونستطيع بها أيضاً تقليل فقدان الطاقة.

بالنسبة للترانسستور فإن فقدان الطاقة مضروباً بالزمن الذي تستغرقه للعمل ناتج عن عدة عوامل (الشكل 4).



شكل (4)

1 ـ الطاقة الحرارية بالتناسب مع الحرارة: كي. تي.

2 ـ طول الترانزستور بين المصدر والنزح مقسوماً على سرعة الإلكترونات بالداخل (السرعة الحرارية 3 كي. تي./م.).

3 ـ طول الترانزسستور بالوحدات للممر الحر المتوسط للاصطدام بالإلكترونات في الترانزستور.

4 ـ إجمالي عدد الإلكترونات التي هي بداخل الترانزستور عند عمله.

إن وضع قيم مناسبة لكل هذه الأرقام يدلنا على أن الطاقة المستعملة في الترانزسستورات هذه الأيام تتراوح ما بين مليار إلى عشر مليارات أضعاف الطاقة الحرارية كي. تي. وعندما

نفتح الترانزسستور فإننا نستعمل هذا المقدار من الطاقة وهي كمية هائلة.

ومن الواضح إن فكرة تقليل حجم الترانزستور فكرة جيدة. فتقلل الطول بين المصدر والنزح ونستطيع أن نقلِّل عدد الإلكترونات، وبالتالي نستعمل طاقة أقل بكثير. كذلك فإن الترانزستور الأصغر أسرع بكثير لأن الإلكترونات يمكن أن تقطع المسافة أسرع وتفتح أسرع. وأيا كان السبب فإنَّ جعل الترانزستور أصغر فكرة جيدة إذ أن الكل يحاول أن يفعل ذلك.

لكن لنفترض أننا صادفنا حالة يكون فيها الممر الحر المتوسط أطول من حجم الترانزستور، عندئذٍ فإننا نكتشف أن الترانزستور لا يعمل بشكل سليم أبداً. إنه لا يعمل بالطريقة التي توقعناها. وهذا يذكِّرني أنه كان هناك منذ عدة سنوات شيء يسمَّى حاجز الصوت. وكانت الطائرات لا يُفترض فيها أن تكون أسرع من سرعة الصوت لأنك لو صمَّمتها بصورة عادية ثم جرَّبت أن تضع سرعة الصوت في معادلات فإن المروحة لن تعمل والأجنحة لا تُرفع ولا شيء يعمل بشكل صحيح. ومع ذلك فإن الطائرات يمكن أن تسير أسرع من الصوت. ما عليك إلا أن تعرف القوانين الصحيحة في ظل الظروف الصحيحة وتصمِّم الأداة بقوانين صحيحة. أنت لا تستطيع أن تتوقع أن تعمل التصاميم القديمة في ظروف جديدة، ولكن التصاميم «الجديدة» يمكن أن تعمل في ظروف «جديدة» وأنا أؤكد أنه من

الممكن تماماً عمل أنظمة ترانزستور أو بمعنى أصح، أنظمة فتح وأدوات حساب تكون فيها الأبعاد أقل من متوسط الممر الحر. إنني أتكلم طبعاً «من حيث المبدأ» ولا أتكلم عن الجهة المصنِّعة لمثل هذه الآلات. كذلك دعنا نناقش ما الذي يحدث لو حاولنا أن نجعل الآلات أصغر ما يمكن.

تقليل الحجم

لذلك فإن موضوعي الثالث هو حجم عناصر الحسابات وأتحدث الآن نظرياً بالكامل. إن أول شيء يهمّك عندما تصغر الأشياء هي حركة براون* ـ كل شيء متحرِّك ولا شيء يبقى في مكانه. فكيف يمكنك أن تتحكَّم بالدارات بعدئذٍ؟ وعلاوة على ذلك، فإن كانت الدارة لا تعمل ألا يوجد لها فرصة الآن في الرجوع فجأة؟ إذا استعملنا فولطين من الطاقة لهذا النظام الكهربائي وهو الذي نستعمله عادةً (الشكل 5) أي ثمانين ضعفاً من الطاقة الحرارية بدرجة حرارة غرفة ما (كي. تي. =40/ 1) وأن فرصة الرجوع إلى الخلف مقابل 80 مرة طاقة حرارية هو e أساس اللوغاريتمية الطبيعية، للطاقة ناقص ثمانين أو 10 أس ـ 43 فماذا يعني هذا؟ إذا كان لدينا مليار ترانزستور في الكمبيوتر

---

* الحركة المتغيرة للذرات الناتجة عن تصادم دائم عشوائي للجزيئات والتي أول من لاحظها عام 1928 روبرت براون وفسرها البرت آينشتاين في عام 1905 في دراسته أنالين ديرفيزيك.

BROWNIAN MOTION

2 VOLT = 80 kT

PROB. ERROR $e^{-80} = 10^{-43}$

10^{9} TRANSISTORS

10^{10} CHANGES / SEC. EACH

10^{9} SECONDS (30 YEARS)

10^{28}

شكل (5)

(وهو أمر غير متوفِّر حتى الآن) وكلها تفتح 10أس 10 مرة في الثانية (مرة الفتح عُشر نانو ثانية) وتفتح باستمرار وتعمل لمدة 10 أس 9 ثوان وهذا يعني 30 سنة فإن العدد الإجمالي لعمليات الفتح في تلك الآلة هو 10 أس 28.

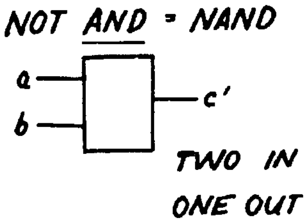
وفرصة عودة ترانزستور واحد إلى الخلف هي 10 أس - 43 فإنه لن يكون هناك خطأ ناتج عن الذبذبة الحرارية أبداً على مدى 30 سنة. إن لم يعجبك ذلك استعمل 2.5 فولط وعندئذٍ فإن الاحتمال يقلْ» وقبل ذلك بكثير فإن الفشل الحقيقي يأتي عندما تمر الأشعة الكونية من خلال الترانزستور وهو أمر لا يمكن أن نجيده أكثر من ذلك.

ومع ذلك فإن أكثر من هذا بكثير ممكن وأود أن أرجعكم

إلى مقالة في مجلة «سيانتفيك أمريكان» كتبها سي. إتش. بينيت وآر لاندوير «القيود الفيزيائية الأساسية للحساب». إنه من الممكن صناعة كومبيوتر يكون فيه كل عنصر وكل ترانزستور يسير إلى الأمام ويرتد فجأةً ومع ذلك يكون الكومبيوتر في حالة تشغيل. إن جميع العمليات في الكومبيوتر يُمكن أن تسير إلى الأمام أو الخلف والحساب يسير لفترة باتجاه واحد ثم يحل نفسه «لا يُحسب» ثم يمضي للأمام وهكذا. ولو مددناه للأمام قليلاً فإننا نستطيع أن نجعل هذا الكومبيوتر يمضي للنهاية وينهي الحساب بجعله أكثر احتمالاً لأن يسير إلى الأمام بدلاً من الخلف.

من المعروف أن جميع الحسابات المُمكنة يمكن أن تتم بالجمع بين بعض العناصر البسيطة مثل الترانزستورات. أو إذا أردنا أن نكون معنويين بطريقة منطقية أكثر شيء يسمى بوابة NAND مثلاً: NAND تعني AND-NOT (وبوابة ناند يوجد لها «سلكين» داخل وخارج (الشكل 6) ولننسى NOT حالياً. فما هي بوابة AND؟ إن بوابة أند هي أداة يكون المخرج منها 1 فقط إن كانت مدخلات السلكين 1 وإلا فإن مخرجاتها صفر.

NOT - AND تعني العكس وهكذا فإن قراءة السلك الخارج تكون 1 (أي أن لها مستوى فولطية يتعلق بـ 1) ما لم تكن قراءة مدخلات السلكين 1. وإن كانت قراءة مدخلات السلكين 1 فإن سلك المخرجات تكون قراءته صفر (له مستوى فولطية يتعلق



A	B	C'
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOT REVERSIBLE

INFORMATION LOST

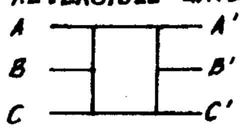
شكل (6)

بالصفر). ويبين الشكل 6 جدولاً بسيطاً لمدخلات ومخرجات بوابة NAND A وB هي مدخلات و C هي المخرجات. فإن كانت A وB كلاهما 1 فإن المخرجات هي صفر وإلا 1. لكن مثل هذه الأداة غير قابلة للارتداد وتصنيع المعلومات. ولو أنني أعرف المخرجات فقط فإنني لا أستطيع أن استرد المدخلات فالآلة لا يمكن أن تقفز للأمام وتعود إلى الوراء ثم تُحسب بشكل صحيح. مثلاً إذا عرفنا أن المخرجات الآن 1 فإننا لا نعرف فيما إذا جاءت من 0= A، 1 = B أو 1 = A ، 0 = B أو 0 = A أو 0 = B ولا تستطيع أن تعود للوراء. مثل هذه الأداة بوابة غير مرتدة. إن الاكتشاف الكبير لبنيت وفريدكين

بصفة مستقلة هو أنه من الممكن عمل حسابات بنوع مختلف من وحدة بوابة أسس خصوصاً وحدة بوابة مرتدة. ولقد شرحت فكرتها ـ بوحدة يمكن أن أسميها بوابة NAND مرتدة ولديها ثلاث مدخلات وثلاث مخرجات (الشكل 7). من المخرجات هناك اثنتان A ، B مشابهتان للمدخلات A ، B ولكن المدخل الثالث يعمل بهذه الطريقة C . هي مشابهة لـ C ما لم تكن A و B كلاهما أو في هذه الحالة تتغير حسب C . مثلاً إذا كانت C 1 فإنها تتغير إلى صفر، إذا كانت C صفر فإنها تتغير إلى 1، لكن هذه التغيرات تحصل فقط إن كانت A و B 1 ولو أنك وضعت بوابتين من هذه البوابات على التوالي فإنك سترى أن A وB ستمر وإذا لم تتغير C في كليهما. فإنها تبقى كما هي. وإذا تغيرت C فإنها تتغير مرتين كي تبقى كما هي. لذلك فإن هذه البوابة يمكن أن تعكس نفسها بدون فقدان معلومات ومن الممكن اكتشاف ما دخل إذا عرفت ما خرج.

إن أداة مصنوعة بالكامل بمثل هذه البوابات ستجري الحسابات إذا تحرك كل شيء للأمام ولكن إذا سارت الأمور ذهاباً وإياباً لفترة ثم تعود في النهاية إلى الأمام فإنها لا تزال تعمل بشكل صحيح. لكن إذا قفزت الأمور للوراء ثم ارتدت إلى الأمام فإنها لا تزال أيضاً صحيحة. وهو أمر مشابه لذرَّة في الغاز تقذف بالذرَّات التي حولها. مثل هذه الذرَّة عادةً لا تذهب إلى أي مكان ولكن بجذب بسيط، وانحراف بسيط يجعل فرصة

REVERSIBLE GATE



THREE IN

THREE OUT

A' = A

B' = B

C' = C UNLESS A = 1 AND B = 1

C' = 1 - C = NOT C IF A = 1 AND B = 1

NO INFORMATION LOST.

SOME FORCE NEEDED TO PUSH

CALCULATION PREDOMINANTLY FORWARD:

ENERGY LOST · TIME USED = CONSTANT

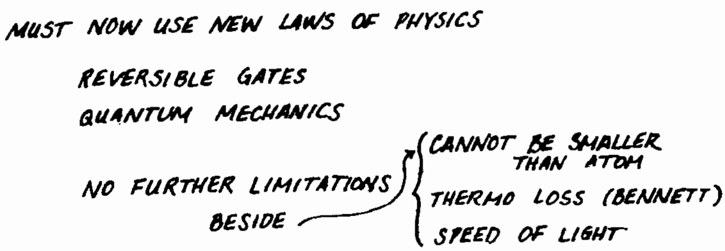
شكل (7)

للحركة باتجاه معيَّن أعلى بقليل من الطريقة الأخرى فإن الشيء سينحرف قليلاً للأمام ويسير معه طرف آخر على الرغم من حركة براون التي عملها. لذلك فإن الكومبيوتر سيقوم بعملية الحساب شريطة أن نضيف قوة طاردة لجذب الشيء عبر الحساب. وعلى الرغم من أنه لا يقوم بالحساب بعملية سلسة إلا أن الحساب هكذا إلى الأمام والوراء سيُنهي المهمة، وكما هو الحال بالنسبة لذرَّة الغاز، لو أننا جذبناها قليلاً فإننا نفقد قدراً ضئيلاً من الطاقة ولكنها تستغرق وقتاً طويلاً لتصل إلى طرف واحد من الطرف الآخر. ولو أننا في عجلة من أمرنا وجذبنا بقوَّة فإننا نفقد قدراً كبيراً من الطاقة. والوضع ذاته

بالنسبة لهذا الكومبيوتر، فإن كنا صبورين ومضينا ببطء فإنه يمكننا أن نجعل الكومبيوتر يعمل دون فقدان عملي للطاقة حتى أقل من KT لكل خطوة أي مقدار ضئيل ممكن أن يوفِّر لديك الوقت. ولكن إن كنت في عجلة من الأمر فإن عليك أن تشتِّت الطاقة مرة ثانية، صحيح أن الطاقة المفقودة لجذب الحساب إلى الأمام لإنجازه مضروباً بالزمن المتاح لك لعمل الحساب ثابت.

مع الإبقاء على هذه الإمكانيات في ذاكرتنا، دعنا نرى كم هو صغر حجم الكومبيوتر الذي يُمكن أن نصنعه؟ كم هو حجم الرقم الذي سيكون؟ نحن نعلم جميعاً أننا نستطيع أن نكتب أرقاماً في القاعدة 2 «كضربات» كل منها إما أن يكون واحداً أو صفراً. والذرَّة الثانية يمكن أن تكون واحداً أو صفراً لذلك فإن خيطاً صغيراً من الذرَّات كافٍ لحمل رقم ذرَّة واحدة لكل ضربة (فعلياً حيث أن الذرَّة يمكن أن يكون لها أكثر من حالتين فيمكننا أن نستعمل ذرَّات أقل ولكن واحداً لكل ضربة صغيرة بدرجة كافية) لذلك ومن أجل المتعة الفكرية فإننا ننظر إذا كان بإمكاننا أن نصنع كومبيوتراً يكون فيه كتابة الضربات بحجم الذرَّات وتكون فيه الضربة مثلاً إما لفة الذرَّة إلى أعلى للرقم 1 أو أسفل للرقم صفر. بعدئذٍ فإن «الترانزستور» الذي لدينا والذي يغيِّر الضربات في أماكن مختلفة يتعلَّق بنوع من التفاعل بين الذرَّات التي تغير حالاتها. وأبسط الأمثلة سيكون فيما لو حصل نوع من التفاعل من 3 ذرات باعتباره العنصر الأساسي أو البوابة

في مثل هذا الكومبيوتر. ولكن مرة أخرى فإن الأداة لن تعمل بالشكل الصحيح لو أننا صمَّمناها بقوانين مناسبة للأجسام الكبيرة. يجب علينا الآن أن نستعمل قوانين فيزيائية جديدة، قوانين الكمية الميكانيكية، القوانين المناسبة للحركة الذرية (الشكل 8).



شكل (8)

لذلك يجب أن نتساءل فيما إذا كانت قوانين الميكانيكا الكمية تسمح بترتيب ذرَّات صغيرة في العدد بعدد البوابات في كمبيوتر يمكن أن يعمل ككمبيوتر. لقد تمَّت دراسة ذلك من حيث المبدأ وقد وُجد مثل هذا الترتيب، وحيث أن قوانين الميكانيكا الكمية قابلة للارتداد فإننا يجب أن نستعمل اختراع بينيت وغريدكين ذي البوابات المرتدة المنطقية. عند دراسة هذه الحالة الكمية الميكانيكية فإننا نجد أن الميكانيكا الكمية لا تضيف قيوداً إضافية لأي شيء قاله السيد بينيت من حيث

الاعتبارات الخاصة بالحركة الحرارية. بطبيعة الحال هناك قيود، القيود العملية، وهي أن الضربات يجب أن تكون بحجم الذرة وأن الترانزستور يجب أن يكون 3 أو 4 ذرات. وبوَّابة الميكانيكا الكمية التي استعملتها ذات 3 ذرَّات (لن أحاول أن أُجرِّب أن أكتب ضرباتي على ذرات وسأنتظر إلى أن يصل التطور التكنولوجي للذرَّات قبل أن أحتاج إلى المضي لأبعد من ذلك). وهذا يتركنا مع (أ) قيود من حيث الحجم بحجم الذرَّة. (ب) متطلبات الطاقة بناء على الوقت حسبما فعل بينيت. (جـ) الخاصيَّة التي لم أذكرها بشأن سرعة الضوء. هذه هي القيود الفيزيائية الطبيعية للكومبيوتر التي أعلم بها.

ولو أننا نجحنا في صنع كومبيوتر بحجم الذرَّة فإن ذلك يعني (الشكل 9) أن البُعد الخطي أصغر بألف إلى عشرة آلاف مرة من تلك الرقائق الصغيرة جداً المتوفرة لدينا الآن. وهذا

10^{-3} - 10^{-4} IN LINEAR DIMENSION
10^{-11} IN VOLUME
10^{-11} IN ENERGY
$10^{-4.5}$ IN TIME
} REDUCTIONS AVAILABLE PER GATE

THEORETICALLY POSSIBLE!

شكل (9)

يعني أن حجم الكومبيوتر يساوي 100 على مليار أو 10 أس ـ 11 من الحجم الحالي لأن حجم الترانزستور أصغر بمعامل 10 أس ـ 11 من الترانزستورات التي نصنعها هذه الأيام. ومتطلَّبات الطاقة لفتحة واحدة تتراوح أيضاً من حيث الشدة أحد عشر درجة أقل من الطاقة المطلوبة لفتح الترانزستور هذه الأيام والوقت اللازم لعمل التحويل سيكون على الأقل عشرة آلاف مرة أسرع لكل خطوة حسابية. لذلك هناك مجال كبير للتحسين في الكومبيوتر، وأترك هذا لكم أنتم الناس العمليين الذين يعملون بالكومبيوتر كهدف يقبلون عليه. لقد قلَّلت من المدة الزمنية التي سيستغرقها مستر إيزاوا لترجمة ما قلت وليس لدي ما أقوله مما أعددته لهذا اليوم. أشكركم وسأجيب على الأسئلة لو رغبتم في ذلك.

أسئلة وإجابات

سؤال: لقد ذكرت أن جزءاً من المعلومات يمكن أن تخزَّن في ذرَّة واحدة وأتساءل إن كان بإمكانك أن تخزِّن نفس الكمية من المعلومات في كوارك واحد (كلمة مخترعة من الفيزيائي موري جيل مان وهو فيزيائي أمريكي ولد عام 1892م).

جواب: نعم ولكن ليس لدينا تحكُّم بالكوارك وهذا يصبح فعلاً طريقة غير عملية للتعامل بالأمور. ربما تفكر أن ما أتحدث

عنه غير عملي ولكني لا أعتقد ذلك. عندما أتكلم عن الذرَّات فإني أعتقد أنه يوماً ما سيكون من الممكن معالجتها وضبطها بصورة فردية. وسيكون هناك الكثير من الطاقة مشمولاً في تفاعل الكوارك لدرجة إنه من الخطر التعامل معها بسبب النشاط الإشعاعي وهكذا. لكن الطاقة الذرية التي أتحدث عنها شيء مألوف لدينا في الطاقة الكيماوية والطاقة الكهربائية وتلك أرقام ضمن نطاق الحقيقة مهما كانت تبدو شاذة في الوقت الحاضر.

سؤال: لقد قلت أن عنصر الحساب الأصغر أفضل ولكني أعتقد إن الجهاز يجب أن يكون أكبر لأن. . .

جواب: تعني إن إصبعك كبير جداً إذا ما ضَغَطَ على الأزرار؟ فهل هذا ما تعنيه؟

سؤال: نعم تماماً.

جواب: طبعاً أنت على حق. أنا أتكلم عن الكومبيوترات الداخلية ربما للرجل الآلي أو أدوات أخرى. فالمدخلات والمخرجات شيء لم أُناقشه سواء أكانت المدخلات من النظر إلى الصور أو سماع الأصوات أو ضغط الأزرار. أنا أناقش الكيفية التي يتم بها الحساب وليس الشكل الذي ينبغي أن يكون عليه المخرجات. إنه صحيح بالتأكيد إنه لا يمكن خفض المدخلات والمخرجات في معظم الحالات بطريقة فعَّالة لما بعد الأبعاد البشرية. إنه من الصعب أن تضغط على الأزرار

لبعض الكومبيوترات بأصابعنا الكبيرة. ولكن في مشكلات الحسابات الكبيرة التي تستغرق ساعات وساعات، فإنه يمكن عملها بسرعة على الجهاز الصغير جداً باستهلاك ضئيل للطاقة. هذا هو النوع من الأجهزة الذي كنت أفكِّر فيه وليس التطبيقات البسيطة لإضافة رقمين لحسابات مستفيضة.

سؤال: أود أن أعرف طريقتك في تحويل المعلومات من عنصر نطاق ذري لعنصر نطاق ذري آخر.

إذا استعملت الميكانيكا الكمية أو التفاعل الطبيعي بين عنصرين فإن مثل هذه الأداة ستصبح قريبة جداً من الطبيعة نفسها. مثلاً إذا عملنا محاكاة بالكومبيوتر، محاكاة مونت كارلو لمغناطيس دراسة الظواهر الحيوية فإن كمبيوتر الميزان الذرِّي سيكون قريباً من المغناطيس نفسه. فما هي أفكارك حول ذلك؟

جواب: نعم.. جميع الأشياء التي نصنعها هي الطبيعة. ونحن نرتبها بطريقة لتناسب غرضنا، لإجراء حساب لغرض. في المغناطيس هناك نوع من العلاقة، إن أردت هناك أنواع من الحسابات جارية مثلما هناك في النظام الشمسي بطريقة التفكير.

ولكن ربما لن يكون الحساب الذي نريد أن نعمله في الوقت الراهن. إن ما نحتاج أن نصنعه هو أداة نغيِّر البرامج بها ونتركها تحسب المشكلة التي نريد أن نحلها وليس مجرد مشكلة مغناطيسها التي تريد أن تحلها لنفسها أنا لا أستطيع أن استعمل

النظام الشمسي للكومبيوتر إلى أن تتم المشكلة التي قدَّمها لي شخص ما لإيجاد حركة النجوم وفي مثل هذه الحالة فإن كل ما يجب أن أفعله هو أن أراقب. لقد كان هناك مقالة مسلية مكتوبة على هيئة نكتة. وفي المستقبل البعيد تظهر «المقالة»، تناقش طريقة جديدة لعمل حسابات حركة هوائية. وبدلاً من استعمال كومبيوترات العصر، يخترع الكاتب أداة بسيطة لنفخ الهواء من الجناح (إنه يعيد اختراع نفق الهواء).

سؤال: قرأت مؤخراً في مقالة صحفية أن عمليات النظام العصبي في الدماغ أكثر بطئاً من حواسيب أيامنا هذه وأن الوحدة في النظام العصبي أصغر بكثير.

فهل تعتقد أن الكومبيوترات التي تكلَّمت عنها اليوم تشترك في شيء ما مع النظام العصبي في الدماغ؟

جواب: هناك تشابه بين الدماغ والكومبيوتر حيث أن هناك عناصر يمكن أن تفتح تحت سيطرة عناصر أخرى. فنبض الأعصاب يُضبط أو يُثير أعصاب أخرى بطريقة تعتمد غالباً فيما إذا كان هناك أكثر من نبضة قادمة شيء شبيه بـAND أو عمومياتها. فما هي كمية الطاقة المستعملة في خلية الدماغ لواحدة من هذه التحولات؟ أنا لا أعرف الرقم. فالزمن المستغرَق للفتح في الدماغ أطول بكثير مما هو عليه في كمبيوتراتنا حتى هذه الأيام، بصرف النظر عن الخيال في بعض

الكومبيوترات الذرية المستقبلية. إلا أن نظام توصيلات الدماغ موسَّع أكثر. فكل عصب مرتبط بآلاف الأعصاب الأخرى.

في حين أننا نوصل الترانزستورات باثنين أو ثلاثة ترانستورات فقط. ينظر بعض الناس إلى نشاط الدماغ أثناء عمله ويرون أنه في العديد من الجوانب يتفوَّق على كومبيوتر هذه الأيام وفي جوانب أخرى عديدة يتفوَّق الكومبيوتر على دماغنا. وهذا يُلهم الناس كي يُصمِّموا آلات تستطيع أن تعمل أكثر. والذي يحصل غالباً هو أن للمهندس فكرة عن كيفية عمل الدماغ (برأيه) ثم يُصمِّم آلة تسلك ذلك السلوك. وهذه الآلة الجديدة قد تعمل بشكل جيد. ولكن يجب أن أُحذِّرك أن هذا لا يُخبرنا أي شيء حول كيفية عمل الدماغ فعلاً وليس من الضروري أن نعرف ذلك أبداً من أجل أن نصنع كومبيوتر ذي قدرة عالية. ليس من الضروري أن نفهم طريقة رفرفة الطيور لأجنحتها وكيفية تصميم الريش من أجل عمل آلة الطيران. ليس من الضروري أن نفهم نظام الكبد في أرجل شيتا ـ قرد يركض سريعاً ـ لذلك ليس من الضروري تقليد سلوك الطبيعة بالتفصيل من أجل هندسة أداة يمكن أن تتفوَّق على قدرات الطبيعة من عدة أوجه وهذا موضوع شيِّق وأحب أن أتحدث عنه.

إن دماغك ضعيف جداً مقارنة بالكومبيوتر. سأعطيك سلسلة من الأرقام واحد، ثلاثة، سبعة، الآن أريد أن تُعيدها لي مرة ثانية. والكومبيوتر يمكن أن يأخذ عشرات الآلاف من

الأرقام ويرجعها لي بالعكس أو يلخصها لي أو يعمل الكثير من الأشياء التي لا نستطيع أن نفعلها. من ناحية أخرى إذا نظرت إلى وجه مجرَّد لمحة أستطيع أن أقول لك من هو إن كنت أعرف ذلك الشخص أو أني لا أعرف ذلك الشخص، ونحن حتى الآن لا نعرف كيف يعمل نظام الكومبيوتر بحيث أننا إذا أعطيناه تشكيلة وجه يمكن أن يقدم لنا مثل هذه المعلومات حتى وإن رأى وجوهاً عديدة وحاولت أن تعلِّمه.

مثال شيِّق آخر هو أدوات لعب الشطرنج: إنه لمن المدهش أننا قادرون على صنع آلات تستطيع لعب الشطرنج أفضل من أي شخص في الحجرة. إلا أنها تفعل ذلك بتجربة الكثير من الاحتمالات. فإذا تحرَّك هنا فإنني أستطيع أن أُحرِّك هناك ويستطيع هو أن ينتقل هناك وهكذا. إنها تبحث في كل بديل وتختار الأفضل. والكومبيوترات تنظر في ملايين البدائل ولكن متقنةً للعب الشطرنج، الإنسان، يعمل ذلك بطريقة مختلفة. إنه يميِّز الأشكال وهو ينظر فقط إلى ثلاثين أو أربعين وضعاً قبل تقرير الحركة التي يقوم بها. لذلك على الرغم من أن القواعد أبسط في «الذهاب» فإن الأجهزة التي تلعب «الذهاب» ليست جيدة لأن هناك احتمالات كثيرة في كل وضع للحركة وهناك أشياء كثيرة للمراجعة، والآلات لا تستطيع أن تنظر بعمق. لذلك فإن مشكلة تمييز الأشكال وما الذي يجب عمله في ظل هذه الظروف هو الشيء الذي لا يزال مهندسو

الكومبيوتر (يحبون أن يسموا أنفسهم علماء الكومبيوتر) يجدونه صعباً جداً. وهو بالتأكيد من الأشياء المهمة لكومبيوترات المستقبل ربما أهم من الأشياء التي تحدثت عنها صنع آلة للعب «كش» بفعالية!

سؤال: إنني أعتقد أن أي طريقة للكومبيوتر لن تكون مُثمرة ما لم تقدم نوعاً ما من الأحكام حول كيفية إنشاء مثل تلك الأدوات أو البرامج. لقد اعتقدت أن ورقة فريدكين حول المنطق المحافظ مثيرة جداً. ولكن عندما بدأت أفكر في عمل برنامج بسيط باستعمال مثل هذه الآلات توقفت لأن التفكير في مثل هذا البرنامج أعقد بكثير من البرنامج نفسه. وأعتقد أننا يمكن بسهولة أن ندخل في تراجع لا محدود لأن عملية صناعة برنامج معيَّن ستكون أكثر تعقيداً من البرنامج نفسه وبمحاولة مكننة العملية فإن برنامج المكننة الآلية سيكون أكثر تعقيداً. وهكذا خصوصاً في هذه الحالة عندما يكون البرنامج موصلاً بالجهاز بدلاً من كونه مفصولاً كبرنامج جاهز. أعتقد أنه من الحيوي أن نفكر بطرق الإنشاء.

جواب: لدينا بعض التجارب المختلفة. لا يوجد هناك تراجع لامحدود. إنه يتوقَّف عند مستوى معيَّن من التعقيد. إن الآلة التي يتحدث عنها فريدكين في النهاية والتي كنت أتحدث عنها في حالة الميكانيكا الكمية كلاهما كومبيوترات عالمية بمعنى أنها يمكن أن تبرمج لعمل وظائف متعددة. وهذا البرنامج

ليس موصول آلياً. وهي ليست موصولة آلياً أكثر من كومبيوتر عادي يمكنك أن تُدخل المعلومات فيه ـ البرنامج جزء من المدخلات ـ والآلة تحل المشكلة المحددة لها أن تعملها. إنه موصول آلياً ولكنه عالمي مثل الكومبيوتر العادي. هذه الأشياء غير أكيدة أبداً ولكني وجدت لوغاريتمية. فإن كان لديك برنامج مكتوب لآلة غير قابلة للارتداد، البرنامج العادي، وبعدئذ يمكن أن أحوِّله إلى برنامج آلة قابلة للارتداد بواسطة نظام ترجمة مباشر وهو غير فعال أبداً ويستعمل خطوات أخرى كثيرة. بعدئذ، في المواقف الحقيقية فإن عدد الخطوات يمكن أن يكون أقل بكثير. ولكن على الأقل أنا أعلم أنني أستطيع أخذ برنامج بخطوات N 2حيث لا يمكن ترجيعه وأحوِّله إلى خطوات N 2 لآلة قابلة للترجيع. وهذا يعني خطوات أكثر. لقد عملته بطريقة غير فعَّالة طالما أنني لا أحاول أن أجد الحد الأدنى ـ مجرَّد إحدى الطرق لعمل ذلك. إني لا أعتقد أننا سنجد هذا التراجع الذي تتحدث عنه ولكن ربما تكون على حق. . . . أنا غير متأكِّد.

سؤال: ألن نكون نضحِّي بالعديد من المزايا التي كنا نتوقعها من مثل هذه الأدوات لأن هذه الآلات تعمل ببطء كبير؟ أنا متشائم جداً حول هذه النقطة.

جواب: إنها تسير أبطأ ولكنها أصغر بكثير. أنا لا أعمله قابلاً للرجوع إلا إذا احتجت ذلك. ليس هناك مبرر في عمل آلة

مرتدة إلا إذا كنتَ تحاول جاهداً في تخفيض الطاقة بشكل هائل لأنه فقط بثمانين KT 80 فإن الآلة غير المرتدة تعمل بصورة جيِّدة. وهذه الـ 80 هي أقل بكثير من 10 أس 9 أو 10 أسKT10 الحالية. لذلك لدي على الأقل 10 أس 7 تحسينات في الطاقة ولا أزال أستطيع عمل ذلك بآلات غير مرتدة! هذا صحيح هذه هي الطريقة الصحيحة للعمل في الوقت الحاضر. إنني أُسلِّي نفسي فكرياً للمتعة لأسأل إلى أي مدى يمكن أن نمضي من حيث المبدأ، ليس من حيث الممارسة، ثم اكتشفت إننا يمكن أن نمضي من أجل كسر من KT من الطاقة وأجعل الآلة ميكروسكوبية ذرياً. ولكن من أجل أن أعمل ذلك يجب أن استعمل القوانين المرتدة فيزيائياً. واللاارتدادية تأتي لأن الحرارة تنتشر على عدد كبير من الذرَّات ولا يمكن جمعها مرة ثانية. وعندما أصنع آلة صغيرة جداً فإني ما لم أسمح بعنصر تبريد كميات كبيرة من الذرَّات، فإن علي أن أعمل بطريقة عكسية. عملياً ربما لن يأتي يوم نكون فيه غير راغبين في ربط كومبيوتر صغير بقطعة كبيرة من الرصاص تحتوي على ذرات 10 أس 10 (وهو صغير جداً) ليجعلها غير مرتدة بطريقة فعالة. لذلك إني أوافق معك من ناحية عملية ولوقت طويل وربما للأبد، إننا سنستعمل بوَّابات غير مرتدة. من ناحية أخرى، إنه جزء من المغامرة العلمية أن نحاول أن نجد قيداً في جميع الاتجاهات وأن نمد الخيال البشري إلى أبعد ما يمكن في كل مكان. على

الرغم من أنه يبدو في كل مرحلة أن مثل هذا النشاط سخيف وبلا فائدة إلا أنه غالباً ما تبيَّن أنه لم يكن بلا فائدة.

سؤال: هل هناك أي قيود من مبدأ الشك؟ هل هناك أي قيود حيوية على الطاقة وتوقيت الساعة في نظامك للآلة المرتدة؟

جواب: كانت هذه نقطتي بالضبط. ليس هناك أي قيود أخرى بسبب الميكانيكا الكمية. وعلى الإنسان أن يميِّز بحذر بين الطاقة المفقودة أو المستهلكة بلا رجوع. الحرارة الصادرة في تشغيل الآلة ومضمون الطاقة في الأجزاء المتحركة والتي يُمكن استخلاصها مرة ثانية. هناك علاقة بين الوقت والطاقة التي يمكن استخلاصها مرة ثانية. لكن الطاقة التي يمكن استخلاصها مرة ثانية ليست ذات أهمية أو علاقة، وستكون شبيهة بالاستفسار فيما إذا كان ينبغي أن نضيف Mc2، باقي الطاقة لكل الذرَّات في الآلة. أنا أتحدث فقط عن الطاقة المفقودة مضروبة في الوقت وبعدئذٍ لا يوجد قيود. ومع ذلك فإنه من الصحيح إذا أردت أن تجري حساباً بسرعة عالية جداً فإن عليك أن تزوِّد أجزاء الآلة التي تتحرك بسرعة وبها طاقة ولكن تلك الطاقة ليست مفقودة بالضرورة في كل خطوة من خطوات الحساب، إنها تكمن خلال العطالة.

جواب (بدون سؤال): أود أن أقول فيما يخص مسألة الأفكار غير المفيدة، أود أن أُضيف شيئاً آخر، لقد انتظرت

لعلكم تسألوني ولكن هذا لم يحصل ولذلك سأُجيب على كل حال كيف يمكن أن نصنع آلة بمثل هذه المقاييس الصغيرة بدرجة أننا يجب أن نضع الذرَّات في أماكن خاصة؟ فنحن هذه الأيام لا يوجد لدينا آلات بأجزاء متحركة تكون مقاساتها صغيرة للغاية، على مستوى ذرَّات أو مئات الذرَّات. ولكن ليس هناك قيوداً فيزيائية في ذلك الاتجاه أيضاً. ليس هناك سبباً أيضاً، عندما نضيف السيلكون حتى هذه الأيام، يمنع من جعل القطع جزءاً صغيرة بحيث تكون متحركة. كذلك يمكن أن نرقب أنابيباً بحيث يكون تدفُّق السوائل المختلفة في أماكن محددة. يمكننا أن نصنع آلات صغيرة للغاية وسيكون من السهل التحكُّم بها بنفس النوع من دارات الكومبيوتر التي نصنعها. وأخيراً ومن أجل المتعة والسعادة الفكرية يمكن أن تتخيل آلات صغيرة مثل عدة مايكرونات مع دواليب وكوابل كلها متصلة بأسلاك وتوصيلات سيلكون بحيث أن الجسم ككل، أداة كبيرة جداً، يتحرك ليس مثل الحركات الغريبة لآلاتنا الصلبة الحالية ولكن بطريقة سلسة كرقبة البطة والتي هي في النهاية عدد كبير من الآلات الصغيرة والخلايا كلها متصلة ومضبوطة بطريقة سلسة فلماذا لا نصنع ذلك بأنفسنا؟

3

لوس ألاموس من الأسفل

والآن لمحات صغيرة عن الجانب الأبسط في حياة فينمان ـ روائع فينمان (لا عن كسره للخزن) في دخوله وخروجه من المشكلات في لوس ألاموس: في دخوله إلى غرفته الخاصة بما يظهر أنه كسر لقواعد عدم دخول النساء إلى مهجع الرجال، تفوَّق على مجسَّات المخيَّم، وحفَّ أكتافه بأكتاف كبار الناس مثل روبرت أوبنهيمر ونيلز بوهر وهنز بيث، والتمييز المُروع لكونه الرجل الوحيد الذي يُحملق في الانفجار الأول للذرَّة دون نظَّارات واقية لتلك التجربة التي غيّرت فينمان للأبد.

إن مقدمة الإطراء للبروفسور هيرتشفيلدر لا تتناسب أبداً مع حديثي وهو «لوس ألاموس من الأسفل» وما أقصده من

الأسفل هو إنه على الرغم من أني رجل مشهور بعض الشيء في مجال عملي في الوقت الحاضر فقد كنت في ذلك الوقت غير مشهور أبداً. فعندما بدأت أعمل في موضوعي في مشروع مانهاتن لم أكن حتى أحمل شهادة. كثير من الناس الذين يحدثونك عن لوس ألاموس قد عرفوا أشخاصاً في المرتبة الأعلى في هيئة حكومية، أناس كانوا قلقين حول قرار كبير ما. لكني أنا لم أكن قلقاً بشأن أي قرار كبير، فقد كنت مرتبكاً حول ما هو في القاع في مكان ما. لم أكن في الدرجة السفلى. وكما يظهر، فقد صعدت بعض الدرجات ولكني لم أكن من رجال الطبقة العليا. ولذلك أُريدك أن تضع نفسك في حالة مختلفة عما ورد في المقدّمة وأن تتخيَّل ذلك الطالب الخريج الشاب الذي لم يحصل على درجته الجامعية بعد ولا زال يعمل في رسالة تخرُّجه. سأبدأ بالحديث حول كيفية دخولي في المشروع وما الذي حصل لي فيما بعد. وما الذي حصل معي أثناء المشروع.

كنتُ ذات يوم أعمل في مكتبي عندما دخل بوب ويلسون، الذي عمل أول مدير لمختبر فيرمي الوطني، كنت أعمل (يضحك) يا إلهي لا زال عندي الكثير. ما الذي يُضحكك؟ دخل بوب ويلسون وقال إنه تم اعطاءه المال لأداء عمل سري ولا يُفترض فيه أن يُخبر أي أحد ولكنه سيُخبرني لأنه عرف أني بمجرَّد أن أعرف ما الذي سيفعله سأجد نفسي

وأن أسير معه في ذلك المشروع. لذلك أخبرني حول مشكلة فصل النظائر المختلفة لليورانيوم. كان عليه في النهاية أن يصنع قنبلة، عملية فصل نظائر اليورانيوم التي كانت مختلفة عن التي كانت مستعملة، وأنه أراد أن يطوِّرها. أخبرني عنها وقال هناك اجتماع... قلت: إنني لا أريد أن أفعل ذلك. فقال لي حسناً، هناك اجتماع في الساعة الثالثة وسأراك هناك. وقلت له حسناً لقد قلت لي السر لأني لن أبوح به لأي شخص ولكني لن أقوم بذلك. وعدتُ للعمل برسالة التخرج لحوالي ثلاث دقائق بعدئذٍ بدأت بالمشي في الغرفة وأنا أفكر في هذا الأمر. كان هتلر في ألمانيا وكانت إمكانية تطوير الألمان للقنبلة الذريَّة واضحة، وكان احتمال تطويرهم لها قبل أن نقوم نحن بذلك أمر يُخيفنا جداً. لذلك قرَّرت أن أذهب إلى الاجتماع في الساعة الثالثة. وبحلول الساعة الرابعة كنت جالساً على مكتب في غرفة أُحاول أن أحسب فيما إذا كانت هذه الطريقة المحدَّدة محدودة بإجمالي كمية التيار الذي يُمكن أن تدخله إلى أشعة الأيون وهكذا. لن أخوض في التفاصيل... ولكني كنت جالساً على مكتب ولديَّ ورقة أعمل عليها بأقصى سرعة ممكنة. وقد خطَّط الزملاء الذين كانوا يبنون الجهاز لأن يقوموا بالتجربة هناك. وكان الأمر شبيهاً بالصور المتحركة حيث ترى قطعة من المعدات تكبر وتكبر وتكبر. وكلَّما نظرت إليه كانت تكبر. والذي كان يحدث بطبيعة الحال هو أن الشباب قد قرَّروا أن يعملوا ذلك وأن يوقفوا

أبحاثهم في العلوم. توقَّف العلم كله أثناء الحرب باستثناء ذلك الجزء اليسير في لوس ألاموس. لم يكن ذلك علماً بل هندسة. وكانوا يأخذون معداتهم من مراكز أبحاثهم، وكانت كل المعدات من المراكز المختلفة توضع معاً لعمل الجهاز الجديد لأداء التجربة وهي محاولة فصل نظائر اليورانيوم، وقد أوقفت عملي أيضاً للسبب ذاته. صحيح إني أخذت إجازة لمدة ستة أسابيع بعد فترة من تلك الوظيفة وأنهيت كتابة رسالة التخرُّج ولذلك حصلت على درجتي تماماً قبل ذهابي إلى لوس ألاموس ولذلك لم أكن على درجة متدنية حسبما تركتك تعتقد ذلك.

من أُولى التجارب الشيِّقة جداً بالنسبة لي في هذا المشروع في برينستون هي مقابلة رجال كبار. لم ألتق برجال كبار كثيرين من قبل ولكن كان هناك لجنة تقييم تقوم بتحديد الطريق الذي يجب أن نسلكه وتساعدنا في المضي في الطريق التي ستوصلنا في النهاية إلى فصل اليورانيوم. وكان في هذه اللجنة رجال مثل تولمان وسميث ويوري ورابي وأوبينهيمر وهكذا. وكان هناك كومبتون مثلاً. ومن بين الأشياء التي رأيتها كانت بمثابة صدمة عنيفة. كنت أجلس هناك لأني فهمت النظرية العملية لما كنا نفعل وكانوا يطرحون عليّ أسئلة ونناقشها معاً. بعدئذٍ يُثير شخص ما نقطة وبعدها يقوم كومبتون مثلاً بشرح وجهة نظر مختلفة وكان على حق تماماً وهي الفكرة السليمة وكان يقول ينبغي أن تكون بهذه الطريقة. قد يقول شخص آخر ربما هناك

هذا الاحتمال الذي يجب أن ننظر فيه مقابل ذلك، وهناك احتمال آخر يجب أن لا ننظر فيه. إنني أقفز!! يجب أن يكرِّر ذلك كومبتون، يجب أن يكرِّر ذلك. ولذلك فالكل لا يوافق، وكان الأمر يدور بهذه الطريقة على الطاولة. وفي النهاية نجد تولمان الذي كان الرئيس يقول: حسناً أما وقد سمعنا هذه الآراء، أعتقد أن رأي كومبتون هو الأفضل ويجب علينا أن نمضي للأمام. وكانت صدمة بالنسبة لي أن أرى لجنة من الرجال يُمكن أن تقدِّم هذا القدر من الآراء وكل واحد يناقش جانباً جديداً ويتذكر ما قاله الشخص الآخر بعد أن لفت الانتباه، وهكذا بحيث أنه في النهاية يتخذ قراراً يُعتبر أنه أفضل الآراء موجزاً إياها كلها دون الحاجة لتكرار ذلك ثلاث مرات. ألا ترى ذلك؟ ولذلك كانت تلك صدمة. وكان هؤلاء رجالاً عظاماً فعلاً.

تقرَّر في النهاية ألا يكون هذا المشروع على شاكلة ما كانوا يعتزمون عليه فصل اليورانيوم. وقيل لنا بعدئذٍ أنهم يعتزمون التوقف، وأنهم سيبدأون ذلك المشروع في لوس ألاموس ونيومكسيكو وأننا سنذهب جميعاً إلى هناك لإنجاز ذلك العمل. وسيكون هناك تجارب علينا أن نقوم بها إضافة إلى عمل نظري. وكنت أنا ضمن العمل النظري وكان باقي الزملاء في العمل التجريبي. كان السؤال التالي ما الذي نفعله لأنه لدينا هذه الفجوة الزمنية حيث قيل لنا أن نتحرك وكانت لوس

ألاموس غير جاهزة بعد. حاول ويلسون أن يستفيد من وقته بإرسالي إلى شيكاغو لمعرفة قصارى ما أستطيع حول القنبلة والمشكلات المتوقعة كي نستطيع البدء بتحضير معدّات مختبرنا والأدوات المختلفة الأنواع والتي يمكن أن تكون مفيدة عندما نصل إلى لوس ألاموس. لذلك لم نضيِّع أي وقت، لقد تمَّ إرسالي إلى شيكاغو بتعليمات لأجتمع مع كل مجموعة وأقول لهم أني سأعمل معهم وأن يخبروني عن المشكلة لدرجة أن أعرف تفاصيل كاملة وأبدأ العمل على حل المشكلة وسرعان ما أقطع شوطاً كافياً، أذهب إلى شخص آخر وأسأله عن مشكلة تعترضه وبهذه الطريقة أفهم تفاصيل كل شيء. لقد كانت فكرة جيِّدة جداً على الرغم من أن ضميري أزعجني نوعاً ما. ولكن تبيّن بالصدفة (لقد كنت محظوظاً) أنه عندما يشرح لي أحد الأشخاص مشكلة ما كنت أقول له لماذا لا نفعل ذلك بهذه الطريقة وبعدئذٍ خلال نصف ساعة كان يستطيع حل المشكلة التي كانوا يعملون عليها لمدة ثلاثة شهور. وهكذا عملت شيئاً! وعندما رجعت من شيكاغو شرحت الموقف للزملاء ـ كم هو مقدار الطاقة المنبعثة. وكيف ستكون القنبلة وهكذا. أتذكَّر أحد الأصدقاء ممَّن عملوا معي، بول أولوم، متخصِّص في الرياضيات، جاء لي فيما بعد وقال «عندما يعملون صورة متحركة عن ذلك فسيكون هناك شخص عائد من شيكاغو يقول للرجال في برينستون كل شيء عن القنبلة وسيكون مرتدياً بدلة

ويحمل حقيبته وهكذا. . . وأنت. . . ترتدي قميصاً بأكمام قذرة وتقول لنا كل شيء عن ذلك» ولكنه أمر خطير جداً على كل حال ولذلك قدِّر الفرق بين العالم الحقيقي وذلك الذي في الصورة.

على أي حال، كان يبدو هناك تأخير، وذهب ويلسون إلى لوس ألاموس ليعرف ما الذي كان يُعيق الأمور وكيف كانت تسير. وعندما وصل هناك وجد أن شركة البناء تعمل بشكل جاد وأنها أنجزت المسرح وبعض المباني القليلة الأخرى لأنهم فهموا الكيفية ولكن لم يكن لديهم تعليمات واضحة حول كيفية بناء المختبر ـ كم أنبوباً للغاز. . . وكم للماء. . . ولذلك وقف وقرر ذلك، وأخبرهم أن يبدأوا ببناء المختبرات. ثم عاد إلينا وكنا كلنا جاهزين للذهاب، وكان أوبينهيمر يعاني من بعض الصعوبات في مناقشة بعض المشكلات مع غروفز وكاد صبرنا ينفذ. وكما فهمت من واقع منصبي فقد اتصل ويلسون بمانلي في شيكاغو واجتمع الكل وقرروا أن نذهب إلى هناك حتى وإن لم يكن ذلك البناء جاهزاً. لذلك ذهبنا جميعاً إلى لوس ألاموس قبل أن تصبح جاهزة. وقد تم تعييننا من قبل أوبينهيمر مع أُناس آخرين وكان صبوراً على كل شخص. لقد كان يرعى مشكلة كل شخص، كان قلقاً حول زوجتي التي كانت تُعاني من السل الرئوي وفيما إذا كان هناك مستشفى وكل شيء. . . وكانت تلك المرة الأولى التي قابلته بها بمثل هذه الطريقة

الشخصية وكان شخصاً رائعاً. . . وقد قيل لنا، من بين أمور أخرى، مثلاً أن نكون حذرين. أن لا نشتري تذاكر القطار في برينستون لأنها كانت محطة قطار صغيرة جداً ولو أن كل شخص اشترى بطاقات القطار إلى البوكريك ونيومكسيكو فسيكون هناك شك بوجود أمر ما. ولذلك اشترى كل شخص تذكرته من مكان آخر باستثنائي لأني اعتقدت إنه إذا اشترى كل شخص تذكرته من مكان آخر. . . لذلك عندما ذهبت إلى محطة القطار وقلت إنني أريد الذهاب إلى البوكريك ونيومكسيكو كان يقول أوه ويقول هذا كله من أجلك. لقد كنا نشحن صناديقاً مليئة باللوازم تكفي لمدة أسابيع ونتوقع أنهم لن يلاحظوا أن العنوان كان البوكريك لذلك شرحت سبب شحننا للصناديق ـ لقد كنت ذاهباً إلى البوكريك.

حسناً، عندما وصلنا كنا مبكرين من حيث الزمن وكانت بيوت السكن غير جاهزة. وفي الواقع لم تكن المختبرات جاهزة. كنا نلحّ عليهم وكنا نصرّ عليهم بالقدوم مبكرين. وقد جن جنونهم واستأجروا بيوتاً مؤقتة في المنطقة حيث مكثنا في البداية في منزل بسيط ثم كنا نذهب إلى هناك في الصباح. كان أول صباح ذهبت فيه متأثراً بشكل هائل، إن جمال المشهد، بالنسبة لشخص من الشرق لم يسافر كثيراً كان مؤثراً. هناك الصخور الكبيرة، وربما كنت قد رأيت الصور. . . .، لن أغوص كثيراً في التفاصيل. كانت تلك الأشياء على هضبة

مرتفعة وتأتي أنت من الأسفل وترى الصخور الكبيرة. . . . كنا مندهشين. وكان أكثر شيء مؤثراً بالنسبة لي أني كنت أصعد، وقلت في نفسي ربما كان هناك بعض الهنود يسكنون هناك وتوقف الشخص الذي كان يقود السيارة، أوقف السيارة وذهب باتجاه الزاوية وكان هناك كهوف للهنود يمكن أن تكتشفها، وكان ذلك منظراً مدهشاً حقاً.

عندما وصلت إلى الموقع لأول مرة، رأيت عند البوابة مساحة فنية يفترض أن يكون حولها سور في النهاية ولكن لأنهم كانوا لا يزالون قيد البناء كانت لا زالت مفتوحة. وكان يُفترض أن يكون هناك مدينة وسور كبير لأبعد من ذلك حول المدينة. كان صديقي بول أولوم الذي كان مساعداً لي يقف وبيده لوح عليه أوراق للكتابة يتفقّد السيارات الداخلة والخارجة ويوجّهها إلى الطريق الذي تسلكه لتوصيل المواد إلى الأماكن المختلفة. وعندما ذهبت إلى المختبر قابلت رجالاً سمعت بهم من خلال رؤيتي لدراساتهم في مجلة «فيزيكال ريفيو» وهكذا، لم أقابلهم من قبل أبداً. وقالوا لي هاهو جون ويليامز ويظهر شخص واقف عند مكتب مغطًّى بمسودات وأكمامه مرفوعة ويقف بجانب بعض النوافذ عند إحدى البنايات يصدر أوامره للسيارات والأشياء في مختلف الاتجاهات. بمعنى آخر لقد استولينا على شركة البناء وأنهينا المهمة. لم يكن لدى الفيزيائيون في بداية التجارب الفيزيائية ما يفعلونه إلى أن انتهت مبانيهم وأصبحت

الأجهزة جاهزة، لذلك كانوا يبنون المباني أو ساعدوا في بنائها. أما الفيزيائيون النظريون من الناحية الأخرى فقد تقرَّر أن لا يسكنوا في البيوت المتواضعة بل أن يعيشوا في الموقع، لأنه كان بمقدورهم أن يباشروا العمل فوراً. ولذلك بدأنا بالعمل. وهذا يعني أنه يجب على كلّ منا أن يحصل على لوح متحرك على عجلات يمكن أن تتحرك به ونجول فيه وكان سيربير يشرح لنا كلّ الأشياء التي فكروا فيها في بيركلي حول القنبلة الذرية والفيزياء النووية وكلّ الأشياء الأخرى، ولم أكن أعرف الكثير عنها. لقد كنت أعمل أشياء أخرى ولذلك كان عليَّ أن أفعل أشياء كثيرة جداً. كان عليَّ كل يوم أن أدرس وأقرأ وأدرس وأقرأ وكان ذلك وقتاً محموماً. وقد حالفني بعض الحظ فجميع الشخصيات الكبار ـ بنوع من الصدفة ـ باستثناء هانز بيث، غادروا في نفس الوقت مثل ويسكوبف الذي كان عليه أن يعود لينهي شيئاً ما في إم. آي. تي. MIT، وكان تيلر بعيداً في لحظة معينة وكان ما يحتاجه بيث هو شخص يتحدث إليه ليتحدى أفكاره. حضر إلى تلك النافورة الصغيرة في المكتب وبدأ النقاش ليشرح فكرته. قلت له «لا. . . لا. . . أنت مجنون سيكون الأمر على هذا النحو» وكان يقول «لحظة» وكان يشرح كيف أنه لم يكن مجنوناً وأني أنا المجنون ونمضي على هذه الشاكلة. وقد تبيّن أنه على الرغم من أني ـ عندما أسمع بالفيزياء أفكر بالفيزياء فقط ولا أعرف لمن أتحدث وأقول أشياء

بليدة لا، لا، أنت مخطئ أو أنت مجنون ـ لكن تبيّن أن ذلك تماماً هو الذي كان يحتاجه. لذلك حصلت على إحراز تقدم بفضل ذلك، وانتهيت أخيراً كقائد مجموعة ورئيساً لأربعة أشخاص دون بيث.

كان لي تجارب عديدة مع بيث. عندما دخل في اليوم الأول كان لدينا آلة جمع، مارشانت Marchant تعمل عليها بيديك ولذلك قال «دعنا نرى الضغط» والمعادلة التي كان بصددها تشمل مربع الضغط «الضغط 48» ومربع الـ 48,. . . وصلت إلى الآلة: وكان يقول إنها حوالي 23.. ولذلك أقوم بنزعها لأكتشف ذلك ويقول «تريد أن تعرف كم هي بالضبط؟ إنها 2.304» وتبيّن إنها 2304 فقلت له «كيف تفعل ذلك؟» ويقول «ألا تعرف كيف تجد المربعات للأرقام قرب 50؟ إذا كان قريباً من 50 مثلاً. . . أقل بثلاثة فإنه يكون 3 أقل من 25 مثل 47 مربعة هي 22 والباقي هو مربع الباقي. مثلاً بـ 3 أقل تحصل على 2.209ـ2ـ9 من 47 مربعة. حسناً؟» لذلك (كان جيداً في الحساب) واصلنا بعد بضع لحظات كان يجب علينا أن نأخذ الجذر التكعيبي لـ 2.5. والآن لعمل الجذر التكعيبي كان هناك جدولاً صغيراً فيه أرقام تجريبية نجرّبها على آلة الجمع التي أعطتنا إياها شركة مارشانت. لذلك (وهذا يستغرق منه وقتاً أطول) فتحت الدُرج وأخرجت اللائحة وكان يقول «1.35» لذلك تصوَّرت أن هناك طريقة ما لأخذ أرقام الجذر التكعيبي القريبة

من 2.5 ولكن تبيّن أن الأمر ليس كذلك. فقلت «كيف تفعل ذلك؟» ويقول حسناً أنت ترى أن لوغاريتم 2.5 هو كذا وكذا، وتُقسم على 3 للحصول على الجذر التكعيبي لكذا وكذا. والآن لوغاريتم 1.3 هو هذا ولوغاريتم 1.4 هو... وأنا أملأ الفراغات لم أكن أستطيع أن أقسم أي شيء على ثلاثة وأقل من ذلك... ولذلك كان يعرف الرياضيات وكان جيد جداً فيها وكان ذلك تحدياً لي... وواصلت التدريب. وقد اعتدنا أن نتبارز قليلاً. وكل مرة نريد أن نحسب شيئاً نتسابق في الإجابة وأفوز أنا.. وبعد عدة سنوات أصبحت قادراً على القيام بالعمليات الحسابية. وبالطبع قد تلاحظ شيئاً مضحكاً حول رقم إذا كان عليك أن تضرب 174×140. مثلاً. وتلاحظ أن 173×141 وهو شبيه بالجذر التربيعي لـ 3، الجذر التربيعي لـ 2 وهو الجذر التربيعي لـ 6 وهو 245. ولكن عليك أن تلاحظ الأرقام وكل شخص قد يُلاحظ طريقة مختلفة وقد كان هذا متعة كبيرة.

حسناً، عندما كنت هناك أول مرة، وكما قلت، لم يكن لدينا سكن وكان على الفيزيائيين النظريين أن يمكثوا في الموقع. وكان أول مكان وضعونا فيه هو مبنى المدرسة القديمة، من مدرسة الأولاد التي كانت هناك سابقاً. وكان أول مكان عشت فيه مكان اسمه سكن الميكانيكيين. وقد اكتظَّ بنا المكان في أسرّة مثبَّتة في الجدران وهكذا.... وتبيّن أنها لم تكن منظَّمة بشكل جيد وكان على كريستي وزوجته أن يذهبا إلى

الحمَّام كل صباح من خلال غرفة نومنا. وكان هذا غير مريح أبداً.

كان اسم المكان الثاني الذي انتقلنا إليه هو «البيت الكبير» وكان له فناء مرصوف طول الممر من الخارج في الدور الثاني حيث كانت الأَسرَّة مرصوفة بجانب بعضها على جانب الجدار. وكان هناك في الأسفل لوحة كبيرة تبيّن رقم السرير والحمام الذي تُغيِّر فيه ملابسك. لذلك تحت اسمي كان هناك «حمام ج» بدون رقم سرير. ونتيجة لذلك كنت منزعجاً جداً. وفي النهاية تمّ بناء السكن. ذهبت إلى مكان السكن من أجل تخصيص الغرف وقالوا لي يمكنك أن تختار غرفتك الآن. حاولت أن أختار واحدة ـ هل تعلم ما الذي فعلته ـ نظرت كي أعرف مكان سكن البنات واخترت غرفة يمكن أن أنظر إلى سكنهن من خلالها وأخيراً اكتشفت أن شجرة كبيرة كانت مزروعة أمامها. ولكن على أي حال اخترت هذه الغرفة. وقالوا لي أنه سيكون هناك مؤقتاً شخصان في الغرفة وأن هذا مؤقت فقط وكل غرفتين تتقاسمان الحمام وأن الأسرَّة ستكون من طابقين مثبتين في الحائط. . . . وأنا لا أريد أن يكون هناك شخصان في الغرفة. لم يكن هناك شخص آخر، في أول ليلة عندما وصلت هناك. كانت زوجتي مريضة بالسل الرئوي في البوكيرك ولذلك كان لدي بعض من أمتعتها في صناديق، ففتحت صندوقاً وأخرجت قميص نوم ورميت به بلامبالاة

وفتحت السرير العلوي ورميت بقميص النوم عليه، ثم أخرجت الشبشب ورششت بودرة على الأرض في الحمام، وجعلت الوضع يبدو كما لو أن هناك شخص آخر يعيش في الغرفة بحيث إنه إذا كان السرير الثاني مشغولاً فلن يبيت أحد آخر في الغرفة. لذلك ما الذي حصل؟ بما أنه سكن رجال، عدت إلى المنزل تلك الليلة فوجدت البيجاما مرتبة بشكل أنيق وموضوعة تحت الوسادة والشبشب موضوعة بشكل جيد تحت السرير. والبودرة تم تنظيفها من الحمام وهكذا. . . لقد سار الأمر على هذا الحال لمدة أربع ليال إلى أن استقر الأمر. استقر كل شخص ولم يعد هناك خطر أن يضعوا شخصاً آخر في الغرفة معي وكان كل شيء مرتَّب بأناقة وعلى ما يرام على الرغم من أنه سكن رجال. وهذا ما حصل في ذلك الموقف.

لقد شاركت في السياسة بشكل بسيط لأنه كان هناك ما يسمى «مجلس المدينة» ومن الواضح أنه كانت هناك أموراً معينة يقررها رجال الجيش حول كيفية تسيير شؤون المدينة بمساعدة مجلس حاكم موجود هناك لم أعرف عنه شيئاً.. ولكن كان هناك جميع أنواع الإثارة مثلما يكون في أي وضع سياسي. كانت هناك مجموعات: مجموعة ربات المنازل، مجموعة الميكانيكيين، مجموعة الفنيين وهكذا. وقد شعر العزاب الرجال والبنات الذين كانوا في السكن أنه يجب أن يكون لهم مجموعة لأنه قد سُنَّت قاعدة جديدة ـ عدم وجود نساء في سكن الرجال

ـ وهذا شيء قذر تماماً، الكل كبار فما هذا الهراء؟ لذلك كان لا بد أن يكون لنا مجموعة سياسية، لذلك قررنا وناقشنا وطبعاً تعلمون كيف يكون الأمر. وهكذا تم اختياري ممثلاً لمجموعة السكن في مجلس المدينة.

بعد حوالي سنة أو سنة ونصف من كوني في مجلس المدينة، كنت أتحدث مع هانز بيث في موضوع ما، وكان هو في الحاكم في المجلس طيلة هذه المدة وقلت له هذه القصة وتلك الحيلة التي فعلتها بملابس زوجتي في السرير العلوي وبدأ يضحك وقال «بهذه الطريقة وصلت إلى مجلس المدينة».

لأنه تبيّن أن ما حصل هو مايلي: كان هناك تقرير، تقرير خطير جداً. كانت المرأة المسكينة ترتعش، كانت المرأة التي تنظِّف الغرف في السكن قد فتحت الباب، وفجأةً كان هناك مشكلة ـ شخص ما يضرب إحداهن ـ ولم تعرف ما الذي تفعله فكتبت تقريراً إلى رئيسة العاملات المنظفات التي بدورها كتبت تقريراً إلى الملازم والملازم بدوره كتب تقريراً إلى الرائد وهكذا تصاعدياً إلى الجنرالات وإلى المجلس الحاكم. فما الذي سيفعلونه؟ سيفكرون بالأمر! وفي هذه الأثناء كانت التعليمات تأتي من الأعلى إلى الأسفل بنفس تسلسل الرتب «فقط رتِّب الأمور كما كانت عليه ثم لنرى ما الذي يحصل». وفي اليوم الثاني تقرير وضجيج وضجيج. في هذه الأثناء كانوا قلقين طيلة أربعة أيام، وأخيراً أصدروا قانوناً «لا نساء في سكن الرجال!»

وهذا ما قاد إلى سمعة سيئة هناك. والآن كان عليهم أن يتّبعوا كل السياسات واختاروا شخصاً ليمثلهم.

والآن أود أن أخبركم عن الرقابة التي خضعنا لها. لقد قرَّروا أن يفعلوا شيئاً غير قانوني تماماً وهي مراقبة بريد الأشخاص داخل الولايات المتحدة القارية وهو شيء لا يحق لهم أن يفعلوه. ولذلك كان لا بد من إجراء ذلك بلباقة كأمر طوعي. وكان علينا أن نتطوع جميعاً بأن لا نغلق مغلفات الرسائل. وقبلنا بذلك وكان الأمر جيداً. كانوا يفتحون الرسائل القادمة إلينا، وقبلنا بذلك عن طواعية، كنا نترك رسائلنا الصادرة مفتوحة وكانوا هم يغلقونها إن كانت سليمة. ولكنها لم تكن كذلك في رأيهم، أي إن رأوا شيئاً ينبغي أن لا نكتبه كانوا يرجعونه لنا مع ملاحظة أنها مخالفة لفقرة كذا وكذا من «تفاهمنا» وهكذا. لذلك وبلباقة بين هؤلاء الأشخاص العلميين المتحرِّرين عقلياً والموافقين على مثل هذا الاقتراح ثبَّتنا هذه الرقابة أخيراً. وبالعديد من القوانين سُمح لنا أن نعلِّق على تصرُّف الإدارة إن أردنا ذلك وكنا قادرين على الكتابة إلى ممثلنا ونقول له: أننا لا نحب طريقة تسيير الأمور على هذه الشاكلة وأشياء شبيهة بذلك. وهكذا تنظَّمت الأمور وقالوا لنا إنهم سيخبرونا إن كان هناك أي صعوبات.

وهكذا بدأ اليوم، أول يوم للرقابة، هاتف يرن «ماذا؟» «الرجاء احضر عندنا» ونزلت «ما هذا؟» «إنها رسالة من والدي»

«حسناً، ما هي؟» هناك رسالة مخطَّطة. وهذه الخطوط خارجة مع نقط ـ أربع نقط تحت، نقطة فوق، نقطتين تحت، ونقطة أعلى ونقطة تحت نقطة. ما هذا؟ «فقلت» إنها رسالة من زوجتي إنها تقول TJXYWZ T WIX 3 ما هذا؟ فقلت «رمز آخر» «ما هو مفتاحها؟» «لا أدري» فقالوا «أنت تتسلم رموزاً ولا تعرف المفتاح؟» «تماماً» قلت «لدي لعبة، أتحدَّاهم أن يرسلوا لي رمزاً لا أستطيع أن أحلّه» لذلك فهم يضعون الرموز ولا يقولون لي المفتاح ويرسلونها لي».

والآن كان من بين القواعد في الرقابة أنهم لا يزعجونك في أي شيء تفعله عادة في البريد، ولذلك قالوا «حسناً، عليك أن تقول لهم أن يرسلوا المفتاح مع الرمز» فقلت «أنا لا أريد أن أرى المفتاح» فقالوا «حسناً نحن سنعرف المفتاح» وأجرينا ذلك الترتيب. حسناً، في اليوم الثاني حصلت على رسالة من زوجتي تقول «من الصعب جداً أن أكتب وأنا أشعر أن الرقابة تطل من على كتفي». وهناك بقعة ممحاة بأناقة بمحلول محو الحبر. لذلك ذهبت إلى المكتب وقلت «لا يفترض فيك أن تلمس البريد الوارد إذا كنت لا تحبه. يمكنك أن تخبرني ولكن لا يفترض فيك أن تفعل به أي شيء. فقط انظر إليه ولكن لا يُفترض فيك أن تفعل أي شيء» وقالوا «لا تكن سخيفاً هل تعتقد أن هذه هي الطريقة التي يتصرف بها المراقبون بماسح الحبر؟ وإنهم يقصُّون الأشياء بالمقص» وقلت حسناً، لذلك

كتبت رسالة إلى زوجتي وقلت «هل استعملت ماسح الحبر في رسالتك؟» وردت عليّ «لا لم أستعمل ماسح الحبر في رسالتي، لابد وأنهم. . .» وكان هناك بقعة مقصوصة. وكذلك عدت ثانيةً إلى الشخص المسئول، الرائد الذي كان يفترض أن يكون مسئولاً عن هذا كله وشكوت. ومضى الأمر لبضعة أيام، شعرت أنني الممثل الذي يفترض فيه أن يُصحِّح الأمر. حاول أن يشرح لي أنه تم تعليم المراقبين كيف يفعلوا ذلك، ولم يفهموا هذه الطريقة الجديدة التي يجب أن نكون لَبقين بشأنها. كنت أحاول أن أكون الواجهة، الشخص الذي يمتلك الخبرة الأكثر. وكنت أكتب لزوجتي كل يوم، ولذلك قال «ما الأمر هل تعتقد أنه ليس عندي ثقة وحسن نية؟» وأجبته «لديك حسن نيَّة تماماً ولكن لا أعتقد أنك تمتلك القوة» لأنك كما ترى أن الأمر مضى على هذه الشاكلة ثلاثة أو أربعة أيام «فردَّ» سننظر في الأمر «ومسك الهاتف وتم تصحيح كل شيء ولم يعد هناك قص في الرسائل».

إلاَّ أن صعوبات عديدة ظهرت. مثلاً، تلقيت في يوم ما رسالة من زوجتي وملاحظة من المراقب مفادها أن هناك رمزاً مرقَّماً بها بدون المفتاح ولذلك فقد أزلناه. لذلك عندما ذهبت لرؤية زوجتي في البوكريك في ذلك اليوم قالت «حسناً أين تلك المادة؟» فسألت «أي مادة؟» فقالت «(ليتاج)، غلسرين، لحم، غسيل» فقلت «لحظة من فضلك، أكانت تلك لائحة؟» فقالت

«نعم» فقلت «كان ذلك رمزاً» لقد فكَّروا أنها رموز، بعد ذلك، وفي أحد الأيام وبينما كنت ماشياً بهدوء، في الأسابيع القليلة الأولى حصل كل هذا، كانت أسابيع قليلة قبل أن نصحِّح أوضاعنا وكنت أمشي عابثاً بالآلة الكومبيوترية لاحظت شيئاً ما. وحيث أني أكتب كل يوم نظراً لأنه كان لدي الكثير لأكتبه، فكان ذلك غريباً جداً. لاحظ ما الذي حدث. لو أنك قسَّمت واحد على 243 فإنك تحصل على نتيجة 0,004115226337» إلخ. . . وهذا دقيق جداً ثم ينحرف الرقم قليلاً عندما تواصل الأمر لحوالي ثلاثة أرقام ثم تستطيع أن ترى كيف أن 13 10 10 10 معادل لِ 114 مرة ثانية أو 115 وهكذا» وكنت أشرح كيف يكرّر ذلك نفسه بعد دورتين. وقد ظننت أن هذا مسلياً. حسناً، وضعت هذا في البريد ورجع لي، وجدت ملاحظة صغيرة «انظر إلى الفقرة 17 ب» ونظرت إلى الفقرة 17 ب التي تقول «يجب أن تكتب الرسائل بالإنجليزية والروسية والإسبانية والبرتغالية واللاتينية والألمانية وهكذا مع التصريح باستعمال أي لغة أخرى يجب أن يكون خطيّاً» ثم يتابع «لا رموز». لذلك كتبت إلى المراقب ملاحظة بسيطة ضمن رسالتي مفادها أنني أشعر أن هذا لا يمكن أن يكون رمزاً لأنك فعلاً إذا قسَّمت 243 على واحد فإنك فعلاً تحصل على. . . وكتبت كل ذلك ولذلك لا يوجد هناك أي معلومات أخرى في الرقم 1 ـ 1 ـ 1 ـ 1 صفر صفر صفر أكثر من الرقم 243 وهي لا يمكن أن تكون معلومات

أبداً. لذلك طلبت تصريحاً بأن أكتب رسائلي بالأرقام العربية وأنا أحب أن أستعمل الأرقام العربية في رسائلي ولذلك حصلت على هذا مباشرة.

كان هناك صعوبة في الحروف ذات الاتجاه للأمام والخلف، وذات مرة أصرَّت زوجتي على ذكر عدم شعورها بالراحة وهي تكتب وتشعر أن المراقب يطل من على كتفها ليقرأ كل ما كتبته. وكقاعدة لا يفترض فينا أن نذكر الرقابة، ولكن كيف لهم أن يقولوا لها ذلك؟ ولذلك تابعوا إرسال ملاحظاتهم لي: «زوجتك تذكر الرقابة». بالتأكيد كانت زوجتي تذكر الرقابة وأخيراً أرسلوا لي ملاحظة تقول: «يرجى الطلب من زوجتك أن لا تذكر الرقابة في رسائلها» لذلك أمسكت برسالتي وبدأت بالكتابة «لقد صدرت إلي تعليمات أن أخبرك ألا تذكري الرقابة في رسائلك» ورجعت مع تذمّر فكتبت «لقد طُلب مني أن أخبرها أن لا تذكر الرقابة فكيف يمكن لي أن أفعل ذلك؟ وعلاوة على ذلك لماذا يجب علي أن أقول لها أن لا تذكر الرقابة؟» ومن الممتع جداً أن المراقب نفسه يقول لي أن أقول لزوجتي بأن لا تقول لي بأنها. . . ولكن كان لديهم جواب» قالوا نعم أنهم يخشون أن يتم الكشف عن البريد على الطريق في البوكريك وأن يتم اكتشاف أن هناك رقابة لو تفحَّصوا البريد ولذلك يُرجى منها أن تتصرَّف بشكل طبيعي أكثر. لذلك ذهبت في المرة الثانية إلى البوكريك وتحدثت معها وقلت الآن،

انظري، دعينا لا نذكر الرقابة. ولكننا صادفنا مشكلة كبيرة لدرجة أننا اتفقنا أخيراً على رمز شيء غير شرعي. كان لدينا رمز، إذا وضعت نقطة في نهاية توقيعي فهذا يعني أن لدي مشكلة مرة ثانية وأن عليها أن تنتقل إلى الحركة الثانية التي اخترعتها، ستجلس طيلة اليوم لأنها مريضة وتفكر في أشياء تفعلها. وآخر شيء أرسلته لي وجدت أنه شرعي تماماً إعلانا يقول: أرسل إلى صديقك رسالة عن أحجية الصور المقطوعة وهنا الفراغات. نحن نبيعك الفراغ وأنت تكتب الرسالة عليها وفرّقها عن بعضها وضعها في كيس صغير وارسلها، ولذلك تسلمت تلك مع ملاحظة تقول «ليس لدينا وقت للعب يُرجى إعلام زوجتك أن تلتزم بالرسائل العادية!» حسناً، كنا جاهزين مع النقطة الأخيرة. وكانت الرسالة تبدأ «آمل أنك تذكرت أن تفتح هذه الرسالة بحذر لأنني وضعت ببتو بسمول Pepto Bismol لمعدتك حسبما رتّبنا» وكانت رسالة مليئة بالمسحوق وفي المكتب توقّعنا أن يفتحوها بسرعة ويتناثر المسحوق على الأرض وسينزعجون جميعاً لأنه يفترض منك أن لا تبعثر أي شيء، يجب عليك أن تجمع كل هذا البتو بسمول... ولكن كان يجب أن لا نستعمل هذا كله.

نتيجة لكل هذه التجارب مع المراقبة عرفت بالضبط ما الذي يمكن أن يمر وما الذي لا يمر. ولم يكن أحد يعرف بقدر ما أعرف أنا. ولذلك جمعت بعض المال من هذا عن

طريق الرهان. وذات يوم، وعند الجدار الخارجي، اكتشفت أن العمال الذين كانوا لا يزالوا يسكنون بعيداً وأرادوا الدخول كانوا كسولين لدرجة أنهم لا يريدون أن يمشوا الطريق حتى يصلوا ويدخلوا من الباب ولذلك فتحوا لأنفسهم ثغرة. لذلك خرجت من السور وذهبت إلى الفتحة ودخلت وخرجت ثانيةً وهكذا لدرجة أن الجندي عند البوابة بدأ يتعجَّب فيما يحدث بهذا الرجل يخرج دائماً ولا يدخل أبداً؟ وبطبيعة الحال فإن ردَّة فعله الطبيعية هي أن يُنادي الملازم الذي حاول أن يسجنني لقيامي بذلك. شرحت له أن هناك فتحة. كما ترى، كنت أحاول دائماً أن أصحِّح الناس، أن أبيِّن لهم وجود تلك الفتحة. ولذلك عقدت رهاناً مع شخص ما أنني يمكن أن أعرف مكان الفتحة في الجدار في البريد، وأرسلها إلى الخارج. وفعلاً قمت بذلك وطريقة قيامي بذلك هي أنني قلت «يجب أن ترى الطريقة التي يديرون بها هذا المكان». وكما ترى هذا ما سمح لنا أن نقول «هناك فتحة في الجدار على بعد 71 قدم من كذا وكذا بحجم كذا وكذا يمكن أن تعبر منها. والآن ما الذي يستطيعون أن يفعلوه؟ إنهم لا يستطيعون أن يعترفوا بعدم وجود هذه الفتحة. أعني ما الذي سيفعلونه إنه حظهم السيء أن هناك مثل هذه الفتحة وينبغي عليهم أن يسدوها. ولذلك مررت تلك الرسالة وبعدها رسالة أخرى تُفيد حول كيفية إيقاظ أحد الأولاد الذين عملوا في مجموعاتي في منتصف الليل وكيف قام بعض الاغبياء

في الجيش في إبهار عينيه بالنور لأنهم اكتشفوا شيئاً ما عن والده أو عن شيء آخر. لا أدري، كان يُفترض أن يكون شيوعياً وكان اسمه كامين وهو رجل مشهور الآن.

حسناً، كان هناك أشياء أخرى أيضاً. كنت أحاول أن أصحّحها مثل الإشارة إلى الحفر في الجدار وما شابه ذلك ولكني كنت أحاول أن أبيّن هذه الأشياء بطريقة غير مباشرة. وكان من بين الأشياء التي كنت أحاول أن أبيّنها ما يلي: أننا في البداية كان لدينا أسراراً مخيفة. لقد عملنا كثيراً في اليورانيوم، كيف يعمل وكان كل ذلك في مستندات في خزانات ملفات مصنوعة من الخشب وعليها قفل عادي. وكانت في الخزانات مختلف الأشياء التي نصنعها في الورشة مثل عصا تنزلق وقفل يمسك بها. وفضلاً عن ذلك كان بإمكانك أن تحصل على الأشياء من هذه الخزانات الخشبية بدون فتح القفل... بمجرَّد رفعها إلى الوراء يوجد في الدرج السفلي عصا صغيرة يفترض أن تمسكها. وهناك حفرة في الخشب من الأسفل يمكنك أن تسحب الأوراق من تحت. لذلك كان من عادتي أن ألتقط الأقفال وأبيِّن أنه من السهل عمل ذلك. وفي كل مرة يكون لدينا اجتماع للمجموعة بكاملها، والكل مجتمعون. كنت أقف وأقول أن لدينا أسراراً مهمة لا ينبغي أن نحفظها في مثل هذه الأماكن فهذه أقفال سيئة ونحن بحاجة لأفضل منها. ولذلك وذات يوم وقف تيلر في الاجتماع وقال لي «حسناً أنا لا احتفظ

بأسراري المهمة في خزانة ملفاتي بل احتفظ بها في درج مكتبي أليس ذلك أفضل؟» فقلت له «لا أدري، أنا لم أرَ درج مكتبك» وكان جالسا في مقدمة الاجتماع وأنا جالس في الخلف. ويتواصل الاجتماع وأتسلل وأخرج من الاجتماع وأذهب لأرى درج مكتبه. لم يستدعي الأمر أن أسحب القفل من درج المكتب فهو يفتح إذا وضعت يدك من الوراء من تحت وتستطيع أن تسحب الورقة مثلما تسحب من علبة ورق التواليت. فتسحب واحدة لتنسحب الأخرى وهكذا. وأفرغت الدرج بأكمله وأخذت كل شيء ووضعته جانباً ثم صعدت إلى الطابق العلوي ورجعت إلى الاجتماع، وكان الاجتماع على وشك الانتهاء وكان الكل يخرج، فالتحقت بالمجموعة ماشياً معهم ثم ركضت لألحق بتيلر وقلت له «بالمناسبة دعني أرى درج مكتبك» وقال لي «بالتأكيد». وذهبنا إلى مكتبه وأراني المكتب ونظرت إليه وقلت له إنه يبدو جيداً لي. وقلت له «دعنا نرى ماذا يوجد بداخله. وقال «يسعدني جداً أن أُريك ذلك» وعندما وضع المفتاح فُتح الدرج. والمشكلة في عمل حيلة على شخص ذكي جداً مثل تيلر تتمثَّل في الوقت الذي يستغرقه في إدراك أن هناك شيئاً ما خطأ قد حدث لحين أن يفهم تماماً ما الذي حدث هو وقت قصير جداً بحيث لا يسمح لك بأي متعة.

لقد كان هناك متعاً عديدة بالنسبة للخزائن ولكنها لا تتعلق

بلوس ألاموس ولذلك لن أبحثها أكثر من ذلك. أود أن أخبركم عن بعض المشكلات، مشكلات خاصة، صادفتها وهي ممتعة جداً. أحدهما يتعلق بسلامة المصنع في أوك ريدج. كانت لوس ألاموس هي التي ستصنع القنبلة ولكن في أوك ريدج كانوا يحاولون فصل نظائر اليورانيوم. يورانيوم 238 و236 و235 والأخيرة هي المتفجرة. لذلك كانوا على وشك البداية في أخذ كميات منتهية الصغر من شيء تجريبي من 235 وفي نفس الوقت كانوا يجربونها وكان هناك مصنع كبير وكانوا سيحصلون على أوعية ضخمة من المواد والكيماويات ويأخذوا المادة النقية ويُعيدوا تنقيتها لتكون جاهزة للمرحلة التالية. ويجب أن تتم تنقيتها على عدة مراحل. لذلك كانوا يجربون الكيماويات من ناحية وكانوا يأخذون مقداراً بسيطاً من أحد قطع الجهاز لتجريبه من ناحية أخرى، وكانوا يحاولوا أن يتعلموا كيف يجربونها لمعرفة مقدار اليورانيوم 235 فيها، وكنا نرسل لهم تعليمات لكنهم لم يحصلوا عليها صحيحة. وأخيراً قال سيغري أن الطريقة الوحيدة الممكنة للحصول على نتيجة صحيحة هي أن يذهب هو ليرى ما الذي يفعلونه ليفهم لماذا تفشل التجربة باستمرار. وقال رجال الجيش لا، إن سياستنا هي أن نُبقي جميع معلومات لوس ألاموس في مكان واحد ولا ينبغي للآخرين في أوك ريدج أن يعرفوا أي شيء عن غرض استعمالها. كانوا يعرفون فقط ما الذي يحاولون أن يفعلوه.

أعني كانت الجهات العليا تعرف أنهم كانوا يفصلون اليورانيوم، ولكنهم لم يعرفوا مدى قوة القنبلة أو كيف كانت تعمل بالضبط أو أي شيء آخر من هذا القبيل.

وكان الناس الذين تحت إمرتنا لا يعرفون أبداً ما الذي كانوا يفعلونه وكانت رغبة الجيش أن تُبقي الأمر بهذه الطريقة ولم يكن هناك أي معلومات متبادلة لكن سيغري أخيراً أصرّ على ذلك. لم يقوموا بالتجارب بشكل صحيح والجهود كلها تذهب سُدى لذلك ذهب سيغري ليرى ما الذي كانوا يفعلونه. وبينما كان ماشياً رآهم يدحرجون برميلاً من الماء الأخضر الذي كان نيترات اليورانيوم فقال لهم «هل ستتعاملون معها بهذا الشكل عندما تنقَّى أيضاً؟ هل هذا ما تريدون أن تفعلوه؟» فقالوا «بالتأكيد ولم لا؟» فسألهم «ألن تنفجر؟» «ها، تنفجر!؟؟» ولذلك قال الجيش «ألا ترى، ينبغي أن لا نكون قد سمحنا بتسريب أي معلومات» وقد تبيَّن أن الجيش قد أدرك كمية المادة التي تحتاجها لعمل القنبلة، عشرون كيلو غراماً أو أياً كان ذلك، وأدركوا أن تلك الكمية، المنقَّاة لن تكون في المصنع، ولذلك لم يكن هناك خطر. ولكنهم لم يعرفوا أن النيوترونات كانت أكثر فعالية عندما تتباطأ في الماء. ولذلك فإنها في الماء تستغرق أقل من عُشر أو واحد على مئة، كمية قليلة جداً من المادة لعمل تفاعل بنشاط إشعاعي. إنها لا تؤدِّي إلى انفجار كبير ولكنها تفرز نشاط إشعاعي وتقتل جميع من في المحيط

وهكذا. ولذلك كانت خطيرة جداً. ولم ينتبهوا إلى السلامة على الإطلاق.

لذلك أرسل أوبينهيمر برقية إلى سيغري: عليك أن تتفقّد المصنع بكامله ولاحظ المكان الذي يفترض أن يكون فيه تركيز المادة في العملية كما صمّموها. وفي هذه الأثناء سوف نحسب كمية المادة التي يُمكن أن تكون معاً قبل أن يكون هناك انفجار. ولذلك بدأت مجموعتان في العمل على ذلك. عملت مجموعة كريستي في محاليل الماء وعملت أنا في مجموعتي في المسحوق الجاف في الصناديق. وحَسَبْنا كمية المواد وكان على كريستي أن يذهب إلى المجموعات في الأسفل ويُخبر جميع من هم في أوك ريدج عن الوضع ولذلك زوّدتُ كريستي بأرقامي بكل سرور وقلت له كل شيء لديك... اذهب. كان كريستي يُعاني من ذات الرئة وكان علي أن أذهب ولم يسبق لي أن سافرت بالطائرة من قبل وسافرت يومذاك بالطائرة. لقد حصرت الأسرار في شيء صغير ذو حزام على ظهري. وكانت الطائرة حينذاك شبيهة بالباص وتقف كل مرة باستثناء أن المحطات كانت أبعد من محطات الباص. كانت تقف لتنتظر وكان هناك شخص يقف بجانبي وبيده سلسلة مفاتيح يلوح بها ويقول «لا بد وأن الأمر صعب للغاية أن تطير... دون أولوية لك في الطائرات هذه الأيام» ولم أستطع أن أُقاوم فقلت «حسناً أنا عندي أولوية. وبعد هنيهة صعد بعض الجنرالات على متن

الطائرة وكانوا يضعون رقم 3 على بعضنا. حسناً، أنا رقم 2. ربما يكون ذلك الرجل قد كتب إلى عضو الكونغرس، إن لم يكن هو نفسه عضواً في الكونغرس عن الذي يفعلونه بإرسال أطفال يحملون أرقام أولوية في أثناء الحرب؟ على أي حال، وصلت إلى هناك. وكان أول شيء أطلبه هو أن يأخذوني إلى المصنع ولم أقل شيئاً. فقط نظرت إلى كل شيء. ووجدت أن الوضع كان أسوأ مما قاله سيغري لأنه كان مرتبكاً أول الأمر. لقد لاحظ صناديقاً معينة بكميات كبيرة ولكنه لم يلاحظ الصناديق الأخرى في الغرفة والتي كانت بكمية كبيرة في نفس الغرفة لكن على الجانب الآخر. لذلك إذا كان لديك كمية كبيرة متجمِّعة معاً فإنها تظهر وبالطبع ستراها. لذلك مررت بكامل المصنع وكان لدي ذكرى سيئة جداً ولكن عندما أعمل بشدة يكون لدي ذكرى جيدة قصيرة الأجل ولذلك أستطيع أن أتذكَّر جميع أنواع الأشياء المجنونة مثل بناء سبعة وتسعين وعاء رقم كذا وكذا.. ذهبت إلى المنزل تلك الليلة وتذكَّرت كل الأمر وفسَّرت أماكن جميع الأخطار وما الذي يجب أن يفعله الإنسان لإنهاء ذلك. فالأمر في غاية السهولة ـ تضع الكادميوم في محاليل لامتصاص النيوترونات في الماء وتفصل الصناديق بحيث لا تكون مكثَّفة جداً وكثير من اليورانيوم معاً وهكذا وفقاً لقواعد معينة. ولذلك استعملت جميع الأمثلة وعملت عليها جميعاً وكيفية عملية التجمُّد. وشعرت أنه لا يمكن جعل المصنع آمناً

ما لم تعرف كيفية عمله، لذلك في اليوم التالي كان لا بد وأن يكون هناك اجتماع كبير.

نعم.. لقد نسيت أن أوبينهيمر قال لي قبل أن أُغادر «الآن عندما تذهب فإن الأشخاص التالية أسماؤهم في أوك ريدج قادرون فنياً: السيد جوليان ويب والسيد كذا وكذا... وأريد منك أن تتأكد من وجود هؤلاء الأشخاص في الاجتماع وتعلمهم كيف يفهمون السلامة إنهم يفهمون المسؤولية. فقلت له «وماذا إن لم يكونوا في الاجتماع... ما الذي يفترض أن أفعله؟» فقال «ينبغي أن تقول ـ لا يمكن أن تتحمَّل لوس ألاموس مسئولية سلامة مصنع أوك ريدج ما لم!!!» فقلت «تقصد أن ريتشارد سيدخل ويقول...؟» فقال «نعم ريتشارد، اذهب وافعل ذلك». لذلك أسرعت وعندما وصلت إلى هناك كان الاجتماع في اليوم التالي وكل هؤلاء الناس من الشركة، أعني الشخصيات الكبيرة في الشركة والأشخاص الفنيّون الذين أردت وجودهم والجنرالات الذين كانوا مهتمين في المشكلات ينظمون كل شيء. وكان اجتماعاً كبيراً حول المشكلة الكبيرة وهي السلامة لأن المصنع لن يعمل أبداً. كان من الممكن أن ينفجر وأقسم على ذلك لو لم ينتبه شخص ما، كان هناك ملازم يتولّى رعايتي، وقال لي إن العقيد قال إنه ينبغي أن لا أقول لهم كيفية عمل النيوترونات وكافة التفاصيل لأننا نريد أن نُبقي المسائل منفصلة. فقط أقول لهم ما الذي يجب أن يفعلوه للإبقاء على

المصنع آمناً. وقلت في ذهني أنه من المستحيل بالنسبة لهم أن يفهموا أو يطيعوا مجموعة من القوانين إذا لم يفهموا كيفية العمل. لذلك فإن الأمر سيكون مُجدياً لو أنني أخبرتهم، وأن لوس ألاموس لا تستطيع أن تتحمل مسئولية أمن مصنع أوك ريدج ما لم يكونوا على علم تام بكيفية عمله!! هذا عظيم. لذلك ذهب إلى العقيد الذي قال له «من فضلك أُريد خمس دقائق من وقتك». ذهب إلى النافذة ووقف يفكر وهذا ما يجيدون صنعه. إنهم جيِّدون في اتخاذ القرار. لقد اعتقدت أنه من المهم كيف أن مشكلة معلومات حول كيفية عمل القنبلة في مصنع أوك ريدج يجب أن تتقرر في خمس دقائق. لذلك كنت أكنّ احتراماً كبيراً لرجال الجيش هؤلاء لأنني لا أستطيع أن أقرِّر شيئاً هاماً جداً في أي فترة زمنية محددة أبداً.

لذلك وخلال خمسة دقائق قال حسناً مستر فينمان امضِ في عملك. وبناء عليه، جلست وقلت لهم كل شيء عن النيوترونات وكيف تعمل و. . . و. . . وهناك عدة نيوترونات مع بعضها البعض وعليكم أن تبقوها بعيدة عن بعضها. والكادميوم يمتص والنيوترونات البطيئة أكثر فعالية من النيوترونات السريعة. . . جميع الأشياء تُعتبر أشياء أولية في لوس ألاموس، ولم يسبق أن سمعوا بذلك، ولذلك بدوت على شكل عبقري هائل بالنسبة لهم وكنت شبيهاً بالعالِم الكبير. تحدثت عن تلك الظواهر التي لم تكن مفهومة ولم يسمعوا بها

من قبل وكنت أعرفها كلها وكان بإمكاني أن أقدِّم لهم الحقائق والأرقام وكل شيء. لقد كنت بدائياً جداً في لوس ألاموس بينما كنت عبقرياً متفوقاً في الطرف الآخر وكانت النتيجة أن قرَّروا تكوين مجموعات صغيرة لعمل حساباتهم ليتعلموا كيف يفعلون ذلك. بدأوا في إعادة تصميم المصانع. وكان مصمّمو المصانع موجودين، ومصمّمو البناء والمهندسين الكيمائيين للمصنع الجديد الذي سيُعالج المواد المنفصلة. وكان هناك أشخاص آخرين. وذهبت مرة ثانية وطلبوا مني أن أرجع خلال شهور قليلة وكانوا سيُعيدون تصميم مصنعهم للعزل.

عدت بعد بضعة شهور، شهر أو ما شابه ذلك، وكانت شركة ستون أند وبستر والمهندسين قد انتهوا من تصميم المصنع، وكان الأمر يعود لي أن أنظر إلى المصنع، فكيف تنظر إلى مصنع لم يتم بناؤه بعد؟ لا أدري. لذلك دخلت إلى الغرفة مع هؤلاء الأشخاص. كان العقيد زوموالت دائماً معي يرعاني. كان لا بد من وجود مرافق معي في أي مكان. لذلك كان يذهب معي ويأخذني إلى هذه الغرفة وهناك مهندسان وطاولة كبيرة جداً ضخمة مغطاة بمخطط بحجم الطاولة. ليس مخططاً واحداً بل كومة مخططات، لقد درست الرسم الميكانيكي عندما كنت في المدرسة ولكني لم أكن جيداً في قراءة المخططات. لذلك بدأوا يشرحون لي ذلك لأنهم اعتقدوا أنني عبقري وقالوا: «مستر فينمان، نريدك أن تفهم أن المصنع

مصمَّم كهذا الشكل. وأنت ترى أنه كان يجب علينا أن نتلافى التراكم. مشكلات مثل: هناك مبخر يعمل، يحاول أن يُراكم المادة. فإذا تم سد الصمَّام أو شيء من هذا القبيل وتراكم الكثير فإنه سينفجر، لذلك شرحوا لي أن هذا المصنع مصمَّم بحيث لا يتم انسداد أي صمام وإن انسد الصمَّام فلا شيء يحدث وهذا يستدعي على الأقل وجود صمَّامين في كل مكان ثم يشرحوا كيفية عملها... يأتي تيتراكريون من هنا ونترات اليورانيوم تأتي من هنا إلى هنا وتسير إلى أعلى وأسفل، تذهب إلى أعلى من خلال الأرض وتخرج من الأنابيب وتأتي من الطابق الثاني، من تحت المخطط، ومن أعلى يتكلمون بسرعة يشرحون عن المصنع الكيميائي المعقَّد. وأنا مُصاب بدوار شديد والأسوأ من ذلك إنني لا أعرف ما معنى الرموز على المخطَّط فهناك شيء ما ظننته في بداية الأمر نافذة. إنه مربع مع صليب صغير في الوسط في كافة أرجاء المكان وخطوط مع هذا المربع. اعتقدت إنه نافذة، لا... لا... يُمكن أن يكون نافذة لأنه ليس دائماً على الحافَّة. وأردت أن أسألهم ما هو. ربما تكون قد مررت في موقف كهذا ـ لا تسأل مباشرةً عن الشيء فربما يكون صحيحاً. ولكنهم كانوا يتكلَّمون لفترة طويلة وأنت تتردد طويلاً. ولو سألتهم سيقولون لماذا ضيَّعت وقتنا طيلة هذه المدة؟ ولا أعرف ماذا أفعل. كثيراً ما فكرت في نفسي إنني كنت غالباً محظوظاً. ولن تصدِّق هذه القصة ولكني أقسم أنها

صحيحة تماماً. إنه حظ حسِّي. فكرت ما الذي سأصنعه؟ لدي فكرة ربما يكون صماماً؟ ولذلك لا أعرف إن كان صماماً أم لا، وضعت إصبعي في منتصف إحدى المخططات على صفحة 3 في نهايتها وقلت «ما الذي يحصل إذا انسد هذا الصمام؟» على اعتبار أنهم سيقولون «هذا ليس صماماً سيدي إنه نافذة» ولذلك بدأ الواحد ينظر للآخر ويقول «حسناً إذا انسد هذا الصمام» ووقفوا وتجمَّعوا عند المخطَّط والآخر يقف ـ ثم يجلس.. ويذهب للوراء وإلى الأمام ونظر كلاهما إلى بعضهما البعض ثم التفوا نحوي وفتحوا أفواههم «أنت على صواب تماماً، سيدي» وقاموا بلف المخطَّطات وذهبوا بعيداً وخرجوا. وقال العقيد زوموالت الذي يرافقني طيلة الوقت «أنت عبقري. لقد عرفت أنك عبقري عندما مررت بالمصنع مرة واستطعت أن تقول لهم عن المبخر حـ ـ 21 في المبنى 90 ـ 207 صباح اليوم الثاني» وقال «لكن ما فعلته للتو رائع جداً، أريد أن أعرف كيف تفعل شيئاً كهذا؟» فقلت له ـ تحاول أن تعرف فيما إذا كان هذا صمام أم لا.

هناك مشكلة من نوع آخر عملت على حلِّها كانت ما يلي: كان يجب علينا أن نقوم بعمليات حسابية كثيرة وقمنا بعملها على آلات حاسبة من نوع ميرشانت وبالمناسبة لمجرَّد إعطائكم فكرة عن وضع لوس ألاموس، كان لدينا كومبيوترات ميرشانت ولكن لا أدري إن كنتم تعرفون كيف كانت كومبيوترات ذات

أيدي بأرقام وتضغط عليها وتقوم بالضرب والتقسيم والجمع وهكذا. ليس بالسهولة التي تعمل بها هذه الأيام ولكنها صعبة وكان يجب إرجاعها إلى المصنع ليتم تصليحها. ولم يكن هناك شخص معين يعمل عليها وهي الطريقة القياسية ولذلك كانت تُرسل دائماً إلى المصنع وسرعان ما نفذت الأجهزة. ولهذا بدأت أنا وزملاء آخرين في نزع الأغطية عنها وكان يُفترض أن لا نفعل ذلك فالقاعدة هي «إذا نزعت الغطاء فلن نكون مسئولين. . .» لذلك نزعنا الأغطية وكان لدينا سلسلة جيِّدة من الدروس. ففي الجهاز الأول الذي نزعنا غطاءه كان هناك ذراع مع ثقب فيه، ولولب معلَّق، ومن الواضح أن اللولب يدخل في الثقب ولذلك كان هذا سهلاً. وهكذا بمعونة الله تلقينا سلسلة من الدروس حول كيفية إصلاحها. وتطوّرنا للأفضل وأجرينا تصليحات كثيرة. وعندما كنا نصادف شيئاً معقداً جداً كنا نُرسل الجهاز إلى المصنع ولكنا كنا نصلح الأمور السهلة وحافظنا على سير الأمور. كذلك قمت بتصليح بعض الآلات الكاتبة. وانتهى بي المطاف إلى تصليح جميع الكومبيوترات. وتركني الزملاء الآخرون. وأصلحت بضعة آلات كاتبة. وكان هناك شخص في ورشة الآلات أفضل مني وتولَّى أمر الآلات الكاتبة وتولَّيت أنا أمر الكومبيوترات. إلا أننا قرَّرنا أن المشكلة الكبرى هي معرفة ما الذي يحدث بالضبط أثناء انفجار القنبلة عندما تدفع المادة في الداخل بانفجار ثم تخرج ثانيةً. فالذي يحدث تماماً كي

تعرف بالضبط قيمة القوة المنبعثة فإن الأمر يتطلَّب حساباً أكثر مما كنا قادرين على فعله. وكان هناك شخص ذكي جداً اسمه ستانلي فرانكل أدرك أنه يُمكن عمل ذلك بواسطة أجهزة آي. بي. إم. وكان لهذه الشركة آلات متعدِّدة لمختلف الأغراض، ماكينات حساب تُسمَّى مُجدولة لإدراج المبالغ وآلة ضرب، مجرَّد آلة صندوق كبير تضع فيها البطاقات وتأخذ رقمين من البطاقة وتضربهما وتطبعهما على البطاقة. وكانت هناك أجهزة مقارنة وفرز وهكذا. لذلك قرِّر وفكر في برنامج جيد. ولو حصلنا على عددٍ كافٍ من هذه الآلات في غرفة فسنأخذ البطاقات ونضعها في دورة. والآن كل من يقوم بحسابات رقمية يعرف بالضبط ما الذي أتحدث عنه ولكن هذا كان شيئاً جديداً. إنتاج كبير بالآلات.

عملنا أشياء كهذه على الآلات الكومبيوترية. عادةً تفعل خطوة بنفسك وتعمل كل شيء. لكن هذا الأمر كان مختلفاً، حيث تذهب أولاً إلى آلة الجمع ثم إلى آلة الضرب ثم إلى آلة الجمع وهكذا... وهكذا صمِّم شيئاً واطلب الآلة من شركة آي. بي. إم. لأننا أدركنا أنها طريقة جيدة لحل مشكلاتنا. ووجدنا أن هناك شخصاً ما في الجيش كان قد تلقَّى تدريباً لدى آي. بي. إم. وكنا بحاجة إلى شخص ليُصلحها لإبقائها تعمل وكانوا سيُرسلون لنا هذا الشخص ولكن الأمر تأجَّل، مؤجَّل دائماً ولكن كنا دائماً في عجلة من أمرنا، كان علي أن أشرح

ذلك ـ حاولنا أن نعمل بأسرع وقت ممكن. وفي هذه الحالة بالتحديد، عملنا جميع الخطوات الرقمية المُفترض أن نفعلها والتي يُفترض أن تتم عن طريق الآلات، نضرب هذا ثم نعمل هذا ونحسم ذلك. ثم عملنا البرنامج ولكن لم يكن لدينا آلة لاختباره عليها. لذلك ما الذي فعلناه؟ كانت هناك غرفة وبها بنات وكل واحدة لديها آلة حساب مارشانت وكانت تلك آلة الضرب والجمع وعمل المكعب. وكان لدينا بطاقات فهرس، وكل ما تفعله هذه الفتاة هو أن تكعِّب هذا الرقم وترسله إلى الأخرى. كانت تقلِّد الآلة والثانية تقلِّد آلة الجمع ومضينا في دورتنا بهذه الطريقة. وتبيّن أن السرعة التي تمكنَّا فيها من عمل ذلك... لم يسبق لنا أن قمنا بإنتاج كبير في الحساب وقام كل من أدَّى الحسابات بجميع الخطوات. ولكن كان لدى فورد فكرة جيدة وكانت هذه الفكرة أسرع بكثير من الطريقة الأخرى وكنا سريعين بهذا النظام وهي السرعة التي تتنبَّأ بها آلة آي. بي. إم. والفرق الوحيد هو أن آلة آي. بي. إم. لا تشعر بالتعب معها ويُمكن أن تعمل لثلاث مناوبات لكن الفتيات تعبن بعد فترة، لكن بعد ذلك وصلت الآلات بدون مسئول التصليح. نزلنا لتجميع الآلات التي كانت من أكثر الماكينات تعقيداً في تقنية تلك الأيام. فهذه الكومبيوترات كانت بأحجام كبيرة مفكَّكة جزئياً مع العديد من الأشرطة ومخططات إرشادية لها. نزلنا إلى الأسفل وقمنا بتجميعها، ستان فرانكل وأنا وشخص آخر.

وعانينا من المشكلات ما عانينا. وغالبية المُشكلات تكمُن في الشخصيات الكبيرة الذين يحضرون ثم يقولون سوف تكسرون كذا وكذا. وعندما قمنا بتجميعها كانت أحياناً تعمل وأحياناً كان تجميعها خطأ فلا تعمل. لذلك قمنا بالمناورة والمحاولة وجعلناها تعمل، لم تكن تعمل كلها وكنت في النهاية أحاول في آلة ضرب ورأيت جزءاً ملتوياً في الداخل وخشيت من تصحيحه لأنه ربما يؤذيني كما كانوا يقولون، وأخيراً وصل الرجل من شركة آي. بي. إم. حسب الجدول في الحقيقة. لكن حضر وأنجز البقية التي لم تكن جاهزة وأصبح البرنامج جاهزاً، لكنه صادف مشكلة في جهاز صادفت فيه أنا مشكلة. وقضى ثلاثة أيام يعمل بهذا الجهاز الأخير. فنزلت إليه وقلت «لقد لاحظت أن تلك ملتوية» فقال «بطبيعة الحال هي كذلك» كان صحيحاً.

مع بدء مستر فرانكل في هذا البرنامج بدأ يعاني من مرض، مرض الكومبيوتر الذي يعرفه أي شخص يعمل بالكومبيوترات الآن. وهو مرض خطير جداً وهو يتعارض تماماً مع العمل. كانت مشكلة خطيرة نحاول أن نحلها. ومرض الكومبيوترات هو أنك تلعب بهم... فهي عجيبة جداً، لديك مفاتيح x التي تقرّر إن كان الرقم عادياً تفعل هذا، وإن كان شاذاً تعمل ذلك، وسرعان ما تستطيع أن تفعل أشياء أخرى إن كنت ذكياً بدرجة كافية على جهاز واحد. وبعد برهة تعطّل

البرنامج بكامله. لم يكن مستر فرانكل يهتم ولم يشرف على أحد، وأصبح النظام يعمل ببطء شديد، والمشكلة الحقيقية هي أنه كان يجلس في غرفة يحاول كيف يجعل المجدول يطبع تلقائياً فيبدأ ويطبع أعمدة ويحسب التماس أتوماتيكياً بالتكامل ويعمل جدولاً كاملاً في عملية واحدة. وبلا فائدة على الإطلاق. كان لدينا جداول تماس قوسية. ولكن إن سبق وعملت على الكومبيوترات. يمكنك أن تفهم المرض. والمتعة هي أن تكون قادراً على رؤية مقدار ما يمكن أن تفعله. لكنه أُصيب بالمرض للمرة الأولى والشخص المسكين الذي اخترع الشيء هو الذي أُصيب بالمرض أيضاً.

لذلك طلب مني أن أتوقَّف عمَّا أعمله في مجموعتي وأذهب إلى الطابق الأسفل وأتولي مجموعة آي. بي. إم. لاحظت المرض وحاولت أن أتلافاه وعلى الرغم من أنهم قد حلَّوا ثلاث مشكلات في تسع شهور كانت مجموعتي جيدة جداً. كانت المشكلة الأولى أنهم لم يقولوا للأشخاص ـ الذين اختاروهم من البلد كله ـ شيئاً اسمه «مفرزة مهندسين خاصة». كان هناك طلاباً أذكياء من الثانوية لديهم قدرات هندسية وقام الجيش بجمعهم في مفرزة مهندسين خاصة وأرسلهم إلى لوس ألاموس ووضعوهم في ثكنات ولم يقولوا لهم أي شيء. بعدئذ حضروا ليعملوا وكان عليهم أن يعملوا بآلات آي. بي. إم. ويثقبوا أرقاماً لا تفهم ولم يقل لهم أحد ما هي. وكانت الأمور

تسير ببطء شديد. وقلت أن أول شيء يجب أن يتم هو أن يعرف الأشخاص الفنيين ما الذي نقوم به. ذهب أوبينهيمر وتكلم مع رجال الأمن وحصل على إذن خاص. وأُلقيت محاضرة ممتعة أخبرتهم فيها ما الذي نفعله وكانوا كلهم مُندهشين. إننا نخوض حرباً. لنرى ما هي. لقد عرفوا معنى الأرقام. فإذا ارتفع الضغط فهذا يعني انبعاث مزيد من الطاقة وهكذا وهكذا. لقد عرفوا ما الذي كانوا يفعلونه. تحويل كامل! وبدأوا يخترعون طرقاً لعمل أفضل وحسَّنوا النظام. عملوا أثناء الليل ولم يكونوا بحاجة لإشراف في الليل. لم يحتاجوا أي شيء وفهموا كل شيء واخترعوا عدة برامج قمنا باستعمالها. لذلك تقدَّم أفراد مجموعتي وكان كل ما عليَّ أن أقوم به هو أن أقول لهم ما هو وكفى. فهم فقط يقومون بالتثقيب. ونتيجة لذلك وعلى الرغم من استغراقهم تسعة شهور للعمل على تلك المشكلات الثلاث من قبل، فقد حلَّلنا تسع مشكلات في ثلاث شهور أي أسرع بحوالي عشر مرات. لكن إحدى الطرق السرية التي عالجنا بها المشكلات هي ما يلي: تكوَّنت المشكلات من حزمة بطاقات لا بد وأن تمر في دورة، أولاً الجمع ثم الضرب، وهكذا مضت خلال دورة الآلات في هذه الغرفة. لذلك أوجدنا طريقة بأخذ مجموعة بطاقات من ألوان مختلفة لوضعها في دورة أيضاً ولكن خارج المرحلة. كنّا نحل مشكلتين أو ثلاثة في كل مرة وكما ترى كانت هذه مشكلة أخرى. فبينما

هذه الآلة تقوم بالجمع كانت تقوم بعملية الضرب في مسألة أخرى.

وأخيراً قرب نهاية الحرب قبل إجراء اختبار في ألامو غوردو، كان السؤال المطروح هو كم مقدار الطاقة الذي سينبعث؟ كنا نحسب الانبعاثات من عدة تصاميم لكن التصميم المحدد الذي استعمل في النهاية لم نقم بحسابه. وهكذا نزل بوب كريستي وقال نريد النتائج للكيفية التي سيعمل بها هذا الشيء في شهر واحد أو خلال فترة قصيرة جدا. . . . لا أدري، أقل من ذلك ثلاثة أسابيع. فقلت: «هذا مستحيل». وقال: انظر أنت تحل كذا مشكلة في الأسبوع وهذا يستغرق أسبوعين لكل مشكلة أو ثلاثة أسابيع وقلت له «أنا أعلم إن حل المشكلة يستغرق أكثر من ذلك لكننا نحلها بطريقة متوازية. ومع استعراضهم فإنها تستغرق وقتاً طويلاً وليس هناك طريقة لجعلها أسرع». وبهذا خرج. وبدأت أفكر، هل هناك وسيلة لجعلها طريقة أسرع؟ حسناً إن لم نفعل أي شيء على الآلة فإنه لا يوجد أي شيء يتداخل وهكذا. . . بدأت أفكر ووضعت تحدياً على السبورة ـ هل نستطيع أن نعمل ذلك؟ ـ أمام المجموعة وأجابوا كلهم بنعم، سنعمل نوبات مزدوجة وسنعمل زمناً إضافياً وكل شيء من هذا القبيل سنجرِّب ذلك، وكانت القاعدة هي أن نتجاهل جميع المشكلات الأخرى، فقط مشكلة واحدة ونركِّز عليهاونبدأ بالعمل.

توفيت زوجتي في البوكيرك وكان لا بد أن أذهب. أخذت سيارة فوكس ـ صديقي في السكن وكان لديه سيارة، وكان يستعملها لإبعاد الأسرار التي كانت تذهب إلى سانتافي، كان هو الجاسوس ولم أعلم بذلك. أخذت سيارته لأذهب إلى البوكيرك وحصل معي عطل على الطريق في ثلاثة دواليب. عدت من هناك وذهبت إلى الغرفة لأنه كان يُفترض أن أراقب كل شيء ولكني لم أتمكّن من عمل ذلك لثلاثة أيام. كان هناك فوضى، هذا الاندفاع الكبير للحصول على جواب للاختبار الذي سيتم في الصحراء، دخلت إلى الغرفة وكان هناك بطاقات بثلاث ألوان مختلفة... بطاقات بيضاء... وزرقاء وصفراء وبدأت أقول «حسناً لا يُفترض فيكم أن تعملوا على أكثر من مشكلة ـ مشكلة واحدة فقط» فقالوا: اخرج، اخرج، اخرج. انتظر سنشرح كل شيء، فانتظرت وما حدث كان ما يلي: عند المضي في العمل كانت الآلة تعمل أحياناً أخطاء أو كانوا يصنعون الآلة الخطأ. وما تعوَّدنا على عمله هو أن نعود ونعمل ذلك مرة ثانية ولكنهم لاحظوا ما يلي: وهو أن ظهر الآلة يمثِّل أوضاعاً وعمقاً في الآلة من حيث المساحة أو شيء ما. فالغلطة التي تحصل هنا في دورة واحدة تؤثر فقط على الأرقام المجاورة والدورة الثانية تؤثر على الأرقام المجاورة وتأخذ مفعولها من حزمة البطاقات، فإن كان لديه خمسين بطاقة وارتكبت خطأ في البطاقة 39 فإنها تؤثر على رقم 37 و38

والبطاقة التالية 36 ـ 37 ـ 38 ـ 39 ـ 40. وفي المرة الثانية ينتشر مثل المرض ولذلك اكتشفوا خطأ وكان لديهم فكرة، أنهم سيحسبون رزمة صغيرة من عشر بطاقات مجاورة للخطأ، ولأنه يمكن وضع عشر بطاقات في الآلة أسرع من أن يواصلوا العمل على الخمسين بطاقة التي ينتشر المرض بها. لكن الشيء الآخر هو الحساب بشكل أسرع ثم يختمونها كلها ويصححونها.

وهذا ذكاء بارع. هذه هي الطريقة التي عمل بها هؤلاء الرجال وهي صعبة حقاً وذكية جداً من أجل السرعة. لم يكن هناك طريقة أخرى، ولو كان عليهم أن يتوقفوا لمحاولة إصلاحها فلربما نكون قد أضعنا الوقت. لم نكن قد حصلنا عليها. وهذا ما كانوا يفعلونه. وبالطبع أنتم تعرفون ما الذي حصل أثناء عملهم هذا. لقد وجدوا خطأ في رزمة زرقاء، وكان لديهم رزمة صفراء ببطاقات أقل وكانت تسير أسرع من الرزمة الزرقاء وعندما جن جنونهم لأنهم بعد تصحيحها كان عليهم أن يرتبوا الرزمة البيضاء، كان عليهم أن يأخذوا البطاقات الأخرى ويستبدلوها بأخرى صحيحة ويواصلوا العمل بشكل صحيح وهو أمر مربك جداً ـ وطبعاً تعلمون كيف تكون مثل هذه الأشياء، يجب أن لا يُرتكب خطأ. وفي الوقت الذي تعمل فيه هذه الرزم الثلاث نجدهم يحاولون ختم الأشياء كلها ويأتي «الرئيس» ماشياً وقالوا «اتركونا لوحدنا» ولذلك تركتهم وتبيَّن كل شيء، وحللنا المشكلة في الوقت المحدد وهذا ما كان.

أود أن أقول لكم بضع كلمات عن بعض الناس الذين قابلتهم. لقد كنت ضئيل الشأن في البداية. وأصبحت قائد مجموعة ولكني قابلت رجالاً عظاماً جداً ـ إضافة إلى الرجال في لجنة التقييم الذين قابلتهم في لوس ألاموس وكان هناك كثيرون وهي إحدى تجاربي الكبيرة في الحياة أن قابلت هؤلاء الفيزيائيين الرائعين، رجال سمعت بهم ـ أصغر وأكبر ـ لكن أعظمهم كان هناك أيضاً. وكان هناك فيرمي الذي فاز بجائزة نوبل في الفيزياء عام 1938 الذي حضر ذات مرة. كانت أول مرة يحضر فيها من شيكاغو لإجراء بعض المشاورات، ليساعدنا إن كان لدينا بعض المشكلات، وكان لدينا اجتماع معه وكنت أجري بعض الحسابات وحصلت على بعض النتائج. كانت الحسابات مستفيضة جداً لدرجة أنها كانت صعبة جداً. وكنت الخبير في هذا الشيء، إذ أستطيع دائماً أن أقول ما سيكون الجواب عليه. أو كنت أفسِّر سبب الجواب عندما أحصل عليه. لكن هذا الحساب كان معقَّداً جداً ولم أستطع أن أفسِّر سببه. لذلك قلت لفيرمي أنني كنت أحل هذه المسألة وبدأت أحسب. وقال لي انتظر قبل أن تقول لي النتيجة، دعني أفكر. ستكون النتيجة كذلك (كان صحيحاً) وستحصل على نتيجة كهذه بسبب كذا وكذا. وكان هناك تفسير تام. ولذلك كان يفعل ما يُفترض أن أكون أنا جيداً فيه، أفضل مني بعشر مرات. وكان ذلك درساً لي. . .

بعدئذ كان هناك فون نيومان» الرياضي الكبير: فقد اقترح أن لا أخوض في هذه الأمور هنا، وهي ملاحظات فنية ذكية جداً. وصادفنا ظواهر شيِّقة في حساب الأرقام وبدا أن المشكلة غير ثابتة وشرح سبب ذلك. وكانت نصيحة فنية جيدة جداً. وغالباً ما اعتدنا أن نذهب في مشوار للحصول على قسط من الراحة أيام الأحد، وكنا نسير في الوديان وفي المناطق المجاورة وقد اعتدت أن أمشي مع بيث فون نيومان وباكر. وكانت متعة كبيرة. وكان الشيء الوحيد الذي قدَّمه فون نيومان لي عبارة عن فكرة لديه وكانت شيِّقة وهي أنك لست مسؤولاً عن العالم الذي تعيش فيه ولذلك فقد طورت إحساساً قوياً جداً لعدم المسئولية الاجتماعية نتيجة نصيحة فون نيومان. ومنذ ذلك الحين شعرت بأني سعيد جداً لكن فون نيومان هو الذي زرع في نفسي بذرة عدم المسئولية.

كذلك قابلت نيل بوهر الحائز على جائزة نوبل عام 1922 في الفيزياء لعمله في هيكل الذرَّات والإشعاع المنبعث منها. وكان ذلك ممتعاً لقد حضر وكان اسمه في تلك الأيام نيكولاس بيكر وحضر مع ابنه جيم بيكر الذي كان اسمه الحقيقي أيجي.

وقد حضروا من الدانمرك للزيارة وكانوا فيزيائيين مشهورين كما تعرفون. كان يُعتبر نابغة بالنسبة لهؤلاء الكبار وكانوا يصغون إليه وكان يتكلم عن أشياء. . . كنا في اجتماع وأراد كل شخص أن يرى بوهر الكبير لذلك كان هناك أُناس كثيرون. وكنت في

الخلف في زاوية ما. وكنا نتحدث ونناقش مشكلات القنبلة. كانت تلك المرة الأولى. جاء وذهب وكل ما استطعت أن أراه فيه هو ما ظهر من بين رؤوس الآخرين من الزاوية. وفي المرة الثانية في موعد قدومه تلقيت مكالمة هاتفية: «ألو فينمان». . . «نعم». . . «أنا جيم بيكر أنا ووالدي نود أن نتحدث إليك» «أنا، أنا فينمان أنا مجرَّد. . .» «حسناً تماماً». وهكذا وفي الثامنة صباحاً وقبل أن يستيقظ أحد ذهبت إلى المكان. دخلنا في مكتب في المنطقة الفنية وقال «كنا نفكر في كيفية جعل القنبلة أكثر قوة وفعالية ونحن نفكر في الفكرة التالية» وقلت «لا إنها لن تكون عملية إنها غير فعالة. . .» وقال «ما رأيك في كذا وكذا؟» وقلت «هذا يبدو أفضل قليلاً ولكن فيها فكرة غبية» ومع الأخذ والرد، شيء واحد لم أفهمه وهو أني لم أعرف من الذي كنت أتكلم معه. كنت مهتماً في الفيزياء. فإن كانت الفكرة مربكة قلت إنها مربكة، وإن كانت جيدة قلت إنها جيدة. مقترح بسيط. وكنت دائماً على هذا النمط. وهذا أمر جيد إن كنت تستطيع فعله. أنا محظوظ، محظوظ كما كان حالي في المخططات. إني محظوظ إني أستطيع أن أفعل ذلك. واستمر الوضع على هذه الحالة لمدة ساعتين من النقاش حول أفكار عديدة. وكان نيلز العظيم يشعل غليونه وكان دائماً ينطفئ.

وكان يتكلم بطريقة غير مفهومة لكني كنت أفهم ابنه بشكل أفضل. وأخيراً قال «حسناً» وهو يشعل غليونه «أعتقد يمكننا أن

نستدعي الشخصيات المهمة الآن» ثم دعوا الأشخاص الآخرين وجرى حوار معهم. وبعدئذ قال لي الابن ما الذي حدث. آخر مرة كان هناك قال لابنه «أتذكر اسم ذلك الشخص الصغير في الخلف هناك؟ إنه الشخص الوحيد الذي لا يخاف مني وكان يتحدث عندما تكون لدي فكرة جنونية. لذلك في المرة القادمة عندما نريد أن نناقش الأفكار فلن نكون قادرين على عمل ذلك مع الأشخاص الذين يقولون في كل شيء نعم، نعم د. بوهر. أحضر ذلك الشخص أولاً، سنتكلم معه في البداية».

الشيء التالي الذي حصل بطبيعة الحال هو الاختبار بعد أن أجرينا كل الحسابات. كان يجب علينا أن نجري الاختبار. وكنت أنا في البيت في إجازة قصيرة في ذلك الوقت، أعتقد لأن زوجتي قد توفيت. ولذلك تلقيت رسالة من لوس ألاموس تفيد «الطفل سيولد ويتوقعان ذلك في يوم كذا» لذلك طرت راجعاً وفور وصولي إلى الموقع كانت الباصات تغادر. لم أستطع حتى أن أذهب إلى غرفتي وفي ألاموغوردو انتظرنا على بعد مسافة 20 ميلاً وكان معنا لاسلكي وكان يفترض فيهم أن يقولوا لنا متى ستنفجر القنبلة. إلا أن اللاسلكي تعطَّل ولم نعرف ما الذي كان يحدث. ولكن قبل الوقت المفترض أن تنفجر فيه بدقائق قليلة بدأ اللاسلكي بالعمل وقالوا لنا إنه لا زال هناك عشرين ثانية. وبالنسبة للأشخاص الذين كانوا بعيدين جداً مثلنا ـ وكان هناك من هم أقرب منا على بعد ستة أميال أعطونا

نظارات داكنة يمكن أن نستعملها. نظارات داكنة ونحن على بعد 20 ميلاً من القنبلة فلن ترَ شيئاً من وراء النظارات الداكنة ولذلك أدركت أن الشيء الوحيد الذي يمكن أن يتعرض للأذى هو العينين ـ فالضوء الساطع لا يمكن أن يؤذي العينين ـ بل إنها الأشعة فوق الحمراء ولذلك اختبأت وراء زجاج سيارة شاحنة بحيث لا تمر الأشعة فوق الحمراء من خلال الزجاج وهذا سيكون آمناً.

وأستطيع أن أرى الأمر. والبعض الآخر كان لا يريد أن يرى ذلك. وحان الموعد وظهر وميض هائل هناك على مرأى منا، مضيء جداً لدرجة أني رأيت تلك البقعة البنفسجية على أرضية السيارة الشاحنة فقلت «هذا ليس هو بل إنها صورة لاحقة». فرفعت ظهري ونظرت لأرى هذا الضوء الأبيض يتحول إلى أصفر ثم إلى برتقالي وتشكَّلت الغيوم وتلاشت مرة ثانية. ويتشكل الضغط والتمدُّد ويجعل الغيوم تتلاشى. وأخيراً كان هناك كرة برتقالية كبيرة وكان مركزها مشعًّاً جداً وأصبحت كرة برتقالية بدأت بالارتفاع والتدحرج قليلاً وتصبح سوداء قليلاً عند الحواف ثم تصبح كرة كبيرة من الدخان مع شرر من الداخل والنار تخرج منها. رأيت كل هذا الذي وصفته خلال لحظة. كانت سلسلة من الضوء الساطع والداكن. وكنت تقريباً الشخص الوحيد الذي رأى هذه القنبلة في أول اختبار. كان الآخرون جميعاً يرتدون نظارات سوداء، والأشخاص على بعد ستة أميال

لم يستطيعوا أن يروا ذلك لأنه طلب منهم أن ينبطحوا أرضاً ويغطوا أعينهم لذلك لم يرَ أحد شيئاً. والأشخاص الذين كانوا معي كانوا يرتدون نظارات داكنة وكنت أنا الوحيد الذي أرى ذلك بالعين المجرَّدة، وأخيراً وبعد حوالي دقيقة ونصف سمعنا صوتاً هائلاً كالرعد وهذا ما أقنعني. لم ينبس أحد ببنت شفة طيلة هذا الوقت وكنا نراقب بهدوء إلا أن هذا الصوت هزَّ الجميع وخاصة أنا لأن صلابة هذا الصوت على هذا البُعد يعني أن القنبلة فاعلة. والرجل الذي كان واقفاً بجانبي قال عندما ذهب الصوت «ما هذا؟» فقلت «هذه هي القنبلة». وكان ذلك الرجل ويليام لورانس من نيويورك تايمز الذي كان قد حضر ليكتب مقالة تصف الموقف بكامله. كنت أنا الشخص الذي يفترض أن أخذه في جولة وتبيَّن أن الأمر فنِّي جداً بالنسبة له.

وفي وقت لاحق حضر مستر سميث من برنستون وأخذته في جولة في لوس ألاموس. فمثلاً ذهبنا إلى حجرة وكان هناك على نهاية قاعدة كرة صغيرة مطلية بالفضة، يمكن أن تضع يدك عليها وكانت ساخنة، كانت مشعَّة وهي من البلوتونيوم. ووقفنا عند باب هذه الغرفة نتحدث عنها. كان هناك عنصر جديد صنعه ذلك الرجل لم يسبق له وجود على الأرض من قبل باستثناء فترة قصيرة جداً، ربما في البداية. وكان هنا معزول تماماً ومشع بهذه الخصائص. ونحن الذين صنعناه. لذلك كان قيّماً بدرجة هائلة، لا شيء بقيمته. في هذه الأثناء لاشك وأنك تعلم كيف

يتصرف وأنت تتكلم كان يضرب عتبة الباب وأنا أقول نعم فالعتبة مناسبة أفضل من الباب. كانت العتبة نصف كروية معدنية صفراء، ذهب في الحقيقة. كانت نصف كرة ذهبية والذي حصل هو أننا احتجنا لإجراء تجربة لنرى كم نيوترون ينعكس بالمواد المختلفة من أجل أن نوفر النيوترونات كي لا نستعمل بلاتينيوم كثيراً. اختبرنا عدة مواد مختلفة فاختبرنا البلاتين والفونك والذهب والقصدير. وأثناء عمل الاختبارات بالذهب كان لدينا قطعاً من الذهب وكان لدى أحدهم فكرة ذكية لاستعمال كرة الذهب الكبيرة لعتبة الباب الذي كان يحتوي على بلاتين وهو أمر مناسب جداً.

بعد أن ذاع صيت الأمر وسمعنا به كان هناك دهشة كبيرة في لوس ألاموس. كان الكل في مجموعات وجلست أنا في مؤخرة سيارة جيب أضرب على الطبول باستثناء شخص واحد أذكره كان بوب ويلسون الذي أدخلني في الأمر أول مرة. كان يجلس كئيباً فقلت له «علام أنت حزين؟» فقال «لقد فعلنا شيئاً مروعاً» فقلت له «لكنك أنت الذي بدأته وأنت الذي أدخلتنا في الأمر» كما ترى، إن الذي حصل معي ومع الآخرين هو أننا بدأنا لسبب جيِّد، ولكن بدأنا نعمل بجد لعمل شيء ما ولإنجازه. إنها متعة وإثارة. ثم تتوقف لتفكر، وبعد أن بدأت تتوقف. لذلك كان هو الشخص الوحيد الذي كان لا يزال يفكر في الأمر في تلك اللحظة تحديداً. بعد ذلك بقليل عدت إلى

الحضارة وذهبت إلى كورنيل للتدريس. وكان انطباعي الأول غريباً جداً ولا أستطيع أن أفهمه لكني شعرت بقوة عظيمة بعدئذ. فمثلاً كنت أجلس في مطعم في نيويورك وأنظر إلى المباني كم هي شاهقة وكنت أفكر بإشعاع قنبلة هيروشيما وضررها وكم هو مقدار الأذى في شارع 34؟ كل تلك المباني تحطَّمت، وكان لدي شعور غريب، كنت أمشي وأرى الناس يبنون جسراً أو يشقون طريقاً جديداً وأقول إنهم مجانين، إنهم لا يفهمون، لماذا يصنعون أشياء جديدة إنها بلا فائدة. ولكن لحسن الحظ كانت بلا فائدة لمدة 30 سنة والآن ليست كذلك لقد كنت مخطئاً لمدة 30 سنة حول عدم فائدة بناء الجسور وأنا مسرور أن أولئك الناس واصلوا العمل. لكن ردة فعلي الأولى بعد أن انتهيت من هذا الأمر هو أن عمل أي شيء بلا فائدة. أشكركم شكراً جزيلاً.

سؤال: ماذا عن قصتك عن الخزائن؟

فينمان: هناك قصص كثيرة عن الخزائن إذا أعطيتني عشر دقائق سأروي لك ثلاث قصص عنها. إن الحافز لي لفتح خزائن الملفات هو اهتمامي بسلامة الأمر ككل. أخبرني شخص ما حول كيفية خلع الأقفال. بعدئذ حصلوا على خزائن ملفات بها ميزة الخزانة، ومن بين أغراضي والأشياء في حياتي هو أني أحاول أن اكتشف أيّ سرّ. لذلك فإن هذه الأقفال في خزانات الملفات التي تصنعها شركة أقفال موسلر التي نضع فيها وثائقنا

كانت تمثل تحدياً بالنسبة لي. فكيف أفتحها؟ ولذلك بدأت أفكر فيها. هناك كل أنواع القصص حول كيفية استشعارك بالأرقام والسماع لها. هذا صحيح وأنا أفهم ذلك جيداً. بالنسبة للخزائن من النموذج القديم. كان هناك تصميم جديد بحيث لا يندفع أي شيء ضد العجلات أثناء تجربتك لها، لن أدخل في التفاصيل الفنية ولكن لم تكن أياً من الطرق القديمة مُجدية. قرأت كتباً ألَّفها مصلحو الأقفال التي تفيد في البداية كيف كانوا يفتحون الأقفال وفي النهاية يقولون لك كيف يفعلون ذلك ولا يقولون شيئاً معقولاً. ولا يبدو أنهم يستطيعون فعلاً أن يفتحوا خزائن بهذه الطريقة. مثل تخمين الأساس لنفسية الشخص الذي يملكها. لذلك ظننت دائماً أنهم يبقون على هذه الأمور سرية. على أي حال، واصلت العمل وأصبح هذا مثل المرض وواصلت العمل بهذه الأشياء حتى وجدت أشياء جديدة. في البداية، اكتشفت حجم النطاق الذي تحتاجه لفتح أشياء مرتبطة ببعضها وكم درجة القرب من ذلك. ثم اخترعت نظاماً يمكن من خلاله تجربة جميع الروابط التي يمكن أن تجربها، ثمانية آلاف كما تبيَّن لأنه يمكن أن يكون هناك رابطان لكل رقم ثم تبيَّن أنه واحد في كل خمسة أرقام من بين مائة وعشرين ألفاً ثم أوجدت نظاماً يمكن من خلاله تجربة أرقام دون تغيير رقم ما ثابت وذلك بتحريك العجلات لدرجة أني استطعت عمل ذلك في ثماني ساعات وأنا أجرِّب جميع الأرقام المترابطة. وبعدئذ

اكتشفت أيضاً ـ وهذا استغرق مني حوالي سنتين من البحث ـ طريقة يسهل بواسطتها أخذ الأرقام والرقمين الأخيرين من الخزانة ثم تُفتح. وإذا سحبت الدُرج يمكن أن تُحرِّك الرقم وترى السقاطة تذهب إلى الأعلى وما هو الرقم الذي يأتي خلفها. وبحيلة بسيطة يُمكنك أن تفك الرموز الرابطة. وقد تعوَّدت أن أُجرِّب ذلك مثل كرتان ورق اللعب طيلة الوقت. وبشكل أسرع ومتواصل تعوَّدت أن أدخل وأتحدث مع شخص ما وأتكئ على خزانة ملفاته تماماً مثلما أعبث بهذه الساعة الآن ولا تلاحظ أبداً أنني أفعل أي شيء. أنا لا أفعل أي شيء. مجرَّد العبث بالأرقام ولكني كنت أُبطل آخر رقمين ثم أعود إلى مكتبي وأكتب الرقمين.آخر رقمين من الأرقام الثلاثة. والآن إن كان لديك الرقمين الأخيرين فإن تجربة الرقم الأول يستغرق دقيقة واحدة، هناك فقط عشرون احتمالاً ثم يفتح.

لذلك اكتسبت سمعة ممتازة في فتح الخزائن، كانوا يقولون لي «مستر شمولتز خارج المدينة، ونحتاج إلى وثيقة من خزانته، فهل يمكن أن تفتحها؟» وأجيب «نعم أستطيع أن افتحها ويلزم أن أحضر عدتي» (أنا لا أحتاج لأي عدة) وكنت أذهب إلى مكتبي وأنظر إلى رقم خزانته. عندي آخر رقم. ويوجد عندي أرقام خزانات الجميع في مكتبي، وأضع مفكاً في جيبي الخلفي باعتباره العدَّة التي احتاجها وأعود إلى الغرفة وأغلق الباب. والمبدأ في هذا العمل هو أنه لا ينبغي لأي أحد أن

يعرف كيف تفتح الخزانة لأنه يجعل كل شيء غير آمن. ومن الخطير جداً أن يعرف كل شخص كيف يعمل ذلك. لذلك أغلق الباب وأجلس وأقرأ مجلة أو أعمل شيئاً ما. وأُضيِّع ما معدله حوالي 20 دقيقة ولا أفعل شيئاً ثم أفتحها مباشرة لأجد أن كل شيء على ما يرام ثم أجلس لمدة عشرين دقيقة لأمنح نفسي سمعة جيدة بأن الأمر لم يكن سهلاً للغاية وإنه لم يكن هناك حيلة ثم أخرج متعرقاً نوعاً ما وأقول «لقد فتحتها وها هي».

وهكذا. وفي لحظة ما كنت أفتح الخزانة بمحض الصدفة مما عزز شهرتي، لقد كان إحساساً وحظاً محضاً، نفس الحظ الذي حصل معي في المخططات. ولكن بعد نهاية الحرب عليَّ أن أروي لكم هذه القصص الآن... لأنه بعد نهاية الحرب ذهبت إلى لوس ألاموس لإنهاء بعض الأوراق وهناك فتحت بعض الخزائن ـ يمكن أن أكتب كتاباً عن فتح الخزائن أفضل من أي شخص آخر ـ في البداية يمكن أن أشرح كيف أفتح الخزائن بكل برود دون معرفة الروابط بين الأرقام التي تحتوي على أسرار أكثر من أي خزانة فتحتها في حياتي لقد فتحت الخزانة التي كان بداخلها سر القنبلة الذرية ـ جميع الأسرار ـ المعادلات ونسب النيوترونات التي يتم تحريرها من اليورانيوم وكم هي كمية اليورانيوم التي تحتاجها لعمل قنبلة، جميع النظريات والحسابات كل شيء.

هذه هي الطريقة التي كنت أعمل بها. كنت أحاول أن

أكتب تقريراً وكان ذلك يوم السبت. وظننت أن الجميع كانوا يعملون. وظننت أن الأمر مثل لوس ألاموس. لذلك ذهبت للحصول عليه من المكتبة. في لوس ألاموس التي كان فيها كل هذه الوثائق. كان هناك قبة كبيرة لم أعرف عنها شيئاً. خزائن الملفات أعرفها وأفهمها ولكني كنت خبيراً في خزائن الملفات فقط. وكان هناك حرس يمشون جيئة وذهاباً ببنادقهم. أنت لا تستطيع أن تفتح ذلك. ولكني أعتقد أن فريدي دي هوفمان في قسم التصنيف هو المسؤول عن تصنيف الوثائق. وأي الوثائق يمكن أن تصنَّف؟ ولذلك كان عليه أن يذهب إلى المكتبة ويعود مرات عديدة وتعب من هذه العملية. وخطرت بباله فكرة ذكية، كان يعمل نسخة من كل وثيقة في مكتبة لوس ألاموس ثم يلصقها في ملفه. وكان لديه تسع خزائن ملفات، واحدة بجانب الأخرى، في غرفتين مملوءة بالوثائق للوس ألاموس ولذلك ذهبت إلى دي هوفمان وطلبت أن استعير الوثائق منه. لذلك ذهبت إلى مكتبه، وكان باب المكتب مفتوحاً، وكان يبدو أنه قد رجع وكان الضوء مضيئاً. لذلك انتظرت. وكما هي العادة عندما أنتظر كنت أعبث بالمقبض جربت 10، 20، 30 ولم يكن ذا جدوى ثم جرَّبت 20، 40، 60 ولم تكن ذات جدوى جرَّبت كل شيء، وأنا أنتظر ولا شيء أفعله. بعدئذ بدأت أفكر بهؤلاء العاملين في الأقفال فلم أكن قادراً على فهم كيف يفتحونها بذكاء. ربما لا يعرفون أيضاً، ربما أن كل الأشياء التي يقولونها

عن علم النفس صحيح. ربما أفتح هذا القفل بعلم النفس أول شيء يقول الكتاب «السكرتيرة عصبية بحيث أنها تنسى ترابط الأرقام، ربما تنسى والرئيس قد ينسى ـ يجب عليها أن تعرف كل ذلك وتقوم بكتابتها بعصبية. أين؟ قائمة الأماكن التي قد تكتب فيها الأرقام، حسناً، لنبدأ ـ افتح الدرج وعلى الخشب على طول الدُرج. وفي الخارج هناك رقم مكتوب بلا عناية كما لو أنه رقم فاتورة، هذا هو الرقم. لذلك فهو على جانب المكتب. تذكَّرت ذلك. . . إنه في الكتاب، ودرج المكتب مقفل وفتحت القفل مباشرة وسحبت الدُرج وهناك كمية من الأوراق في الدُرج وفتشت بين الأوراق وأخيراً وجدتها، قطعة ورق جميلة عليها حروف يونانية. ألفا، بيتا، غاما، دلتا وهكذا، ويجب على السكرتيرات أن تعرف كيف تكتب هذه الحروف وكيف تتذكرها عندما تتكلمن عنها، ولذلك كان لكل واحدة نسخة ولكن مكتوبة بخط غير منظَّم على أعلى القفل يساوي 3.14159 حسناً لماذا تحتاج إلى قيمة رقمية للقفل فهي لا تحسب أي شيء. لذلك ذهبت إلى الخزانة، تماماً كما هو في الكتاب، أنا أقول لكم كيف كان يتم ذلك. أذهب إلى الخزانة 31 ـ 41 ـ 59 ولا يفتح 13 ـ 14 ـ 95 ولا تفتح 13 ـ 14 ـ 95 ولا تفتح 14 ـ 31 ـ عشرون دقيقة وأنا أُحرِّك القفل من أعلى إلى أسفل ولا شيء يحدث، ولذلك خرجت من المكتب وتذكرت الكتاب عن علم النفس وقلت إنه صحيح نفسياً، أنا

على حق. ديل إيوفمان هو الشخص الذي يستعمل الرياضيات الثابتة لربط أرقام خزانته لذلك فإن المعادلة الرياضية الثابتة وهي هـ. ولذلك رجعت إلى الخزانة 27 ـ 18 ـ 28 وفُتحت ولذلك اكتشفت أن العلاقة ذاتها. وهناك قصص أخرى حول ذلك ولكن الوقت متأخر.

4

ما هو دور الثقافة العلمية وما ينبغي أن يكون عليه هذا الدور في المجتمع الحديث

فيما يلي حديث قدمه فينمان في جمع من العلماء في ندوة غاليليو في إيطاليا عام 1964. ومع التقدير البالغ والإعتراف بالعمل العظيم والحماس الشديد لغاليليو فإن فينمان يتحدث عن تأثير العلم على الدين والمجتمع والفلسفة ويحذِّر أن قدرتنا على الشك هي التي تقرِّر مستقبل الحضارة.

أنا برفسور فينمان، على الرغم من هذه الجاكيت التي أرتديها، إني عادة أُلقي محاضراتي مُرتدياً قميصاً ولكن زوجتي قالت لي صباح هذا اليوم، عندما خرجت من الفندق «يجب أن ترتدي بدلة» فقلت لها «ولكني أُلقي محاضراتي عادةً مرتدياً

قمصاناً» فقالت «نعم ولكن هذه المرة لا تعرف ما الذي تتكلم عنه ولذلك من الأفضل أن تُعطي انطباعاً جيداً ولهذا ارتديت جاكيتاً».

سأتحدث عن الموضوع الذي اقترحه لي بروفسور بيرنارديني، وبداية أود أن أقول، في رأيي، من أجل أن نجد المكان الصحيح للثقافة العلمية في المجتمع الحديث فهذا لا يتمثَّل في حل مشكلات المجتمع الحديث إذ أن هناك عدداً كبيراً من المُشكلات التي لا تتعلَّق كثيراً بموقع العلم في المجتمع. ويُعتبر التفكير ببساطة حول كيفية المُطابقة النموذجية بين العلم والمجتمع لحل جميع هذه المشكلات ضرباً من الخيال. لذلك أرجو أن تُدركوا أنه على الرغم من أني سأقترح بعض التعديلات لهذه العلاقات إلا أني لا أتوقع أن تكون هذه التعديلات هي الحل لمشكلات المجتمع.

يبدو أن المجتمع الحديث مهدَّد بعدة مخاطر وما أودّ أن أركِّز عليه والذي سيكون المحور المركزي في الحقيقة، هو على الرغم من وجود مواضيع مختلفة فرعية، إلا أن الانبثاق والتوسُّع المحتمل لآراء التحكم بالفكر كالتي كانت عند هتلر أو ستالين في زمنه أو المذهب الكاثوليكي في العصور الوسطى أو الصيني في هذه الأيام وأعتقد أن من أكبر المخاطر أن يزداد هذا الأمر حتى يشمل العالم بأسره.

والآن في سياق مناقشة علاقة العلم بثقافة المجتمع العلمية فإن أول ما يتبادر إلى الذهن على الفور هو تطبيق العلم، وهو بطبيعة الحال الأمر الأكثر وضوحاً. فالتطبيقات هي ثقافة أيضاً، ومع ذلك فإنني لن أتحدث عن التطبيقات، إني أُقدِّر أن جميع النقاشات العامة حول موضوع علاقة العلم بالمجتمع تدور حول التطبيقات، بالكامل تقريباً، والأكثر من ذلك، فإن الاسئلة الأخلاقية التي تدور في ذهن العلماء حول نوعية العمل الذي يقومون به تشمل التطبيقات عادة، ومع ذلك فإني لن أتحدث عنها لأن هناك عدة بنود أخرى لم يتحدث عنها الكثير من الناس. ولذلك ومن أجل المتعة أود أن أتحدَّث باتجاه مختلف بشكل بسيط.

أود أن أتحدَّث عن التطبيقات، كما تعلمون جميعاً، فإن العلم يخلق قوة من خلال معرفته، قوة لفعل الأشياء. فأنت قادر على عمل الأشياء بعد أن تعرف شيئاً معرفة علمية، ولكن العلم لا يُصدر تعليمات مع هذه القوة فيما يتعلق بكيفية عمل الخير مقابل كيفية عمل الشر. دعنا نشرح الأمر بصورة بسيطة جداً: ليس هناك تعليمات متلازمة مع القوة ومسألة تطبيق العلم من عدمه هي أساساً مشكلة تنظيم التطبيقات بطريقة لا تضر كثيراً وتقود إلى عمل جيِّد بقدر الإمكان، ولكن الناس أحياناً، بطبيعة الحال، يحاولون في العلم أن يقولوا أن هذا خارج عن نطاق مسئولياتهم لأن التطبيق هو مجرَّد قوة للعمل وهو مستقل

عما تفعله به، ولكن هذا بالتأكيد صحيح بمعنى ما وهو خلق القوة لدى الجنس البشري للتحكم في هذا الشيء الجيد على الرغم من الصعوبات التي يواجهها في أثناء محاولته لمعرفة كيفية التحكُّم بالقوة ليقوِّم نفسه بالشيء الجيِّد بدلاً من الشر.

كما أود أن أقول أيضاً إنه على الرغم من أن الكثير من الموجودين هنا هم علماء فيزيائيون وأن غالبيتنا يفكرون بالمشاكل الخطيرة للمجتمع من ناحية فيزيائية إلا أني أعتقد بكل تأكيد أن العلم التالي الذي سيجد نفسه يواجه صعوبات أخلاقية في تطبيقاته هو علم الأحياء. وإن كانت مشاكل الفيزياء مقارنة بالعلم تبدو صعبة فإن مشكلات تطوير المعرفة الحيوية ستكون خيالية. وقد تم التلميح لهذه الاحتمالات مثلاً في كتاب هاكسلي «العالم الجديد المقدام» Brave New World ولكن باستطاعتك أن تفكِّر بعدد من الاشياء. مثلاً إذا كان بالإمكان توفير الطاقة في المستقبل البعيد بحرية وسهولة من الفيزياء، فإن الأمر لا يعدو كونه مسألة كيمياء لوضع الذرَّات معاً بطريقة ما لإنتاج الطعام من الطاقة التي خزَّنتها الذرَّة بحيث تتمكَّن من إنتاج الطعام بدرجة مساوية للمنتجات المهدورة من الكائنات الحية. ولذلك فإن هناك تخزيناً للمادة ولا يوجد مشكلات غذائية. سيكون هناك مشكلات إجتماعية خطيرة عندما نكتشف كيفية التحكُّم بالوراثة من حيث نوعية التحكم الجيِّد أو السيء الذي نستعمله. لنفرض أننا اكتشفنا الأساس الفسيولوجي

للسعادة أو مشاعر أخرى مثل الشعور بالطموح ولنفرض بعدئذ أننا نستطيع أن نتحكَّم فيما إذا كان شخص ما يشعر بالطموح أو لا يشعر به، وأخيراً هناك مسألة الموت.

من أكثر الأشياء الجديرة بالملاحظة في كافة العلوم البيولوجية هو عدم وجود أي تلميح لضرورة الموت. لقد درسنا قوانين كافية مع دراستنا للفيزياء لنجد أن هذا الأمر إما أن يكون مستحيلاً، أو أن تكون القوانين خاطئة. ولكن لا يوجد في علم الأحياء حتى الآن ما يُشير إلى حتمية الموت. وهذا يوحي لي بأنه ليس حتمي على الاطلاق وأن الأمر لا يعدو كونه مسألة وقت حتى يكتشف علماء الأحياء ما الذي يُسبِّب لنا المشاكل وأن المرض العالمي المُخيف أو آنية الجسم البشري ستعالج. وعلى أي حال، يمكنكم أن تروا أنه سيكون هناك مشكلات ذات حجم خيالي من منشأ بيولوجي.

والآن سأتحدث باتجاه مختلف.

فإلى جانب التطبيقات هناك أفكار والأفكار نوعان: أحدهما ناتج عن العلم نفسه وهي نظرة عالمية يُنتجها العلم، وهذه بطريقة ما أجمل شيء. ويعتقد بعض الناس الآخرين عكس ذلك بأن طرق العلم هي الجوهر، وهذا يعتمد على محبتك للنهايات أو الوسائل، ولكن الوسائل تُنتج نهايات رائعة ولن أتسبَّب لكم بالملل بسردي للتفاصيل ولكنكم تعلمون

جميعاً شيئاً عن عجائب العلم ـ أنا لا أتحدث لعامة الجمهور ـ ولذلك لن أحاول أن أُثير الحماس في نفوسكم مرة ثانية بحقائق عن العالم: حقيقة أننا جميعا نتكون من ذرَّات والاشكال الهائلة من الزمن والفضاء الموجود ووجود أنفسنا تاريخياً هو نتيجة لسلسلة بارزة من التطور. موقعنا من التسلسل التطويري والجانب الأكثر أهمية لنظرتنا العالمية العلمية هو عالميتها، بمعنى أنه على الرغم من حديثنا على أننا أخصائيون إلا أننا في واقع الأمر لسنا كذلك. إن من أكثر الفرضيات الواعدة في الأحياء هو أن كل ما تفعله الحيوانات أو تفعله المخلوقات الحيَّة يُمكن أن يُفهم من حيث ما تستطيع الذرَّات أن تفعله، أي من حيث القوانين الفيزيائية، في النهاية، والاهتمام الأبدي بهذه الإمكانية ـ حتى الآن لم يظهر أي استثناء ـ قد أُظهر مراراً مقترحات لكيفية حصول الآليات فعلياً، لذلك فإن حقيقة أن معرفتنا إنما هي في الحقيقة عالمية أمر يصعب استيعابه بالكامل وأن وضع النظريات تام لدرجة إننا نبحث عن استثناءات يصعب العثور عليها ـ في الفيزياء على الأقل ـ والتكاليف الباهظة لكل هذه الآلات وما شابه ذلك هو أن نجد استثناء لما هو معروف أصلاً، وإلا فإن هذا جانب آخر من الحقيقة القائلة بأن العالم مُذهل جداً بمعنى أن النجوم مصنوعة من نفس الذرَّات مثل البقر ومثلنا نحن ومثل الحجارة.

ومن حين لآخر نحاول جميعاً أن نوصل لأصدقائنا غير

العلميين هذه النظرة العالمية ـ وغالباً ما نواجه صعوبة لأننا نرتبك عندما نحاول أن نشرح لهم آخر المسائل مثل معنى الاحتفاظ بالتشبّع والتكافؤ وهي إحدى القوانين الأساسية في الفيزياء في حين أنهم لا يعرفون أي شئ عن معظم الأمور الأولية. وعلى مدى أربعمائة عام منذ عهد غاليليو كنا ولا زلنا نجمع المعلومات التي لا يعرفونها عن العالم. والآن فنحن منكبُّون على شئ خارج عن هذا الإطار وفي حدود المعرفة العلمية، والأشياء التي تظهر في الصحف والتي تبدو مذهلة لخيال الكبار إنما هي تلك الأمور التي لا يستطيعون أن يفهموها لأنهم لم يتعلموا أي شئ على الإطلاق عن الأشياء المعروفة الأكثر جذباً للاهتمام (للعلماء) التي اكتشفها الناس من قبل. إلا أن الحال يختلف بالنسبة للصغار والحمد لله، لفترة مؤقته حتى يصبحوا يافعين.

إنني أقول وأعتقد أنكم لا بد تعرفون جميعاً من واقع التجربة أن الناس ـ وهنا أعني الشخص العادي، أي الغالبية العظمى والهائلة من الناس ـ يجهلون بشكل مُخيف ومُحزن ومطلق العلم بالعالم الذي يعيشون فيه ويمكن أن يظلوا على هذه الحال. وما أقصد أن أقوله هو أنهم قادرون على البقاء بهذا الوضع دون أن يتسبَّب لهم ذلك بأدنى قلق ـ وبشكل طفيف فقط ـ وعندما يسمعون من حين لآخر بذكر التكافؤ والتشبّع في الصحف يتساءلون عن ماهيته. والسؤال المشوّق عن علاقة

العلم بالمجتمع الحديث هو ـ لماذا يمكن للناس أن يبقوا جاهلين بطريقة مرعبة ومع ذلك يكونوا مسرورين في المجتمع الحديث، في الوقت الذي لا تتوفَّر لهم معرفة كثيرة؟

وقد تحدث مستر بيرنارديني بصورة عرضية عن المعرفة والغرائب قائلاً بأنه يجب علينا أن نُعلِّم المعرفة لا الغرائب.

وقد يعود الأمر إلى فرق في معنى الكلمات، وأعتقد أنه يجب علينا أن نعلِّم الناس الغرائب وأن الغرض من وراء المعرفة هو أن نقدِّر الغرائب بشكل أكثر وأن المعرفة هي أن نضع غرائب الطبيعة في إطارها الصحيح. إلا أنه ربما يوافق على أني قد حرَّفت بعض الكلمات وأن المعنى قد انحرف من خلال الحديث. وعلى أي حال، أود أن أُجيب على السؤال وهو لماذا يستطيع أن يظل الناس جاهلين بشكل مرعب ومع ذلك لا يواجهون مشكلات في المجتمع الحديث. والجواب هو أنه لا علاقة للعلم بالمجتمع الحديث. وسوف أشرح ما الذي أقصده خلال دقيقة. وهذا لا يعني أنه لا بد وأن يكون ذا علاقة، ولكننا نحن الذين نجعله لا علاقة له بالمجتمع. وسأعود مرة ثانية لهذه النقطة.

والجوانب الأخرى المهمة من العلم والتي تنطوي على مشكلات ذات علاقة بالمجتمع إضافة الى التطبيقات والحقائق الفعلية المكتشفة تتمثَّل في الأفكار وأساليب التحقق العلمي أي

الوسائل إن صح القول. لأني أعتقد إنه من الصعب فهم لماذا لم يتم اكتشاف هذه الوسائل. هناك أفكاراً بسيطة لو أنك جربتها فإنك ترى ما الذي يحدث. وربما أن العقل البشري قد أُنشيء من عقل الحيوان ثم يتطوَّر بطريقة ما، حاله حال أي أداة جديدة من حيث أن له أمراضه وصعوباته، وله مشكلاته. ومن بين هذه المُشكلات هو أنه يتلوَّث بخرافاته ويُربك نفسه بنفسسه وقد تم الاكتشاف أخيراً طريقة لإبقائه على المسار الصحيح كي يُحقِّق العلماء تقدماً بسيطاً في اتجاه ما بدلاً من المضي في دوائر وبدلاً من أن يجدوا أنفسهم في مأزق لا خروج منه. وإني أعتقد بطبيعة الحال أنه حان الوقت لمناقشة هذه المسألة لأن بدايات هذا الاكتشاف الجديد كانت في زمن غاليليو ومما لا شك فيه أنكم جميعاً تعلمون هذه الأفكار والأساليب وسأقوم بمراجعتها، إنها، مرة ثانية، واحدة من تلك الأشياء التي عليك أن تسردها مع كثير من التفصيل فيما لو كنت تسردها لعامة الناس.

إن أول شئ هو الحكم على الدليل ـ حسناً إن أول شئ في الحقيقة ـ أنك يجب أن لا تعرف الجواب. لذلك أنت تبدأ بالشك والتساؤل عن الجواب. وهذا أمر مهم جداً لدرجة أني أريد أن أؤجل هذا الجانب لأتكلم عنه فيما بعد في مضمار حديثي. إن مسألة الشك أمر مهم للبدء فيه، لأنك إن كنت تعرف الجواب بالفعل فلا داعي لجمع أي دليل عليه. حسنا،

ولكونك متشككا، فإن الخطوة التالية هي أن تبحث عن دليل والطريقة العلمية تقضي أن تبدأ بالتجارب. لكن طريقة أخرى مهمة جداً لا ينبغي أن نُهملها وتُعتبر حيوية جداً هي جمع الأفكار معاً في محاولة تطبيق تناسق منطقي للأشياء المتعددة التي تعرفها. إنه لأمر قيّم جداً أن تحاول أن تربُط ما تعرفه هنا بالذي تعرفه هناك وتحاول أن تجد فيما إذا كانت هذه المعلومات متساوية. وكلما ازداد نشاطك في اتجاه محاولة ربط الأفكار ذات الاتجاهات المختلفة كلما كان ذلك أفضل.

وبعد البحث عن الدليل علينا أن نحكم عليه. وهناك قواعد عادية للحكم على الدليل. فليس من الصحيح أن تأخذ ما تحبه فقط. لكن الصحيح هو أن تأخذ بالدليل بكامله وأن تحاول أن تُبقي على نوع من الموضوعية في الأمر ـ بدرجة تكفي لسير الأمور ـ ولا تعتمد كلياً على السلطة، فالسلطة قد تكون تلميحاً لماهية الحقيقة ولكنها ليست مصدر المعلومات. وينبغي علينا أن نتجاهل السلطة بقدر الإمكان عندما تتناقض مع الملاحظة. وأخيراً تأتي مرحلة تسجيل النتائج التي ينبغي أن تتم بطريقة حيادية، وهذه عبارة مُضحكة تُزعجني دائماً لأنها تعني أنه بعد أن ينتهي الشخص من الأمر فإنه لا يكترث إطلاقاً بالنتائج ولكن هذه ليست المغزى. فالحيادية هنا تعني أن لا تُصاغ النتائج بطريقة تحاول التأثير على القارىء بفكرة مختلفة عما يُشير إليه الدليل.

وأنتم جميعاً تقدِّرون هذه الجوانب المتعددة.

والآن فإن كل هذه الأفكار وكل هذه الأساليب من روح غاليليو، فالرجل الذي نحتفل بعيد ميلاده له علاقة كبيرة بتطور وانتشار ـ والأهم من ذلك ـ إظهار قوة هذه الطرق في النظر للأشياء. وإني لأتساءل لو كان هذا الرجل هنا الآن وأريناه العالم الآن فماذا عساه يقول؟ وبطبيعة الحال فإنكم تقولون إن هذا أمر مُبتذَل فعله وأنكم لا تستطيعون عمل ذلك في حديث ولكن هذا ما سأفعله. لنفترض أن غاليليو كان موجوداً هنا وأننا أردنا أن نُريه عالمنا الحاضر ونحاول أن نجعله سعيداً أو نرى ما الذي يكتشفه، وإننا سنخبره عن مسائل الدليل، طرق الحكم على الأشياء التي طوَّرها هو وكما سنبيِّن له أننا ما زلنا نُمارس نفس العادات ونتّبعها بدقة ـ حتى في تفاصيل عمل القياسات الرقمية وإننا نستعملها كإحدى أفضل الأدوات في الفيزياء على الأقل. كما أن العلوم قد تطوَّرت بطريقة جيدة جداً مباشرة ونتيجة أفكاره الأصلية وبنفس الروح التي طوَّرها، ولهذا لم يعد هناك سَحَرَة ولا أشباح.

وأقول فعلاً (إن الطريقة الكمية عملية جداً) في العلوم ولكنها في الحقيقة غالباً ما تكون تعريفاً للعلم هذه الأيام، فالعلوم التي اهتم بها غاليليو، الفيزياء والميكانيكا وما شابه ذلك قد تطوَّرت بطبيعة الحال لكن نفس الأساليب كانت عملية في الأحياء والتاريخ والجيولوجيا والانثروبولوجيا وهكذا. ونحن

نعرف الكثير عن تاريخ ما قبل الإنسان، والتاريخ السابق للحيوان وعن الأرض من خلال أساليب مماثلة جداً. ولكن هناك مواقف يتم فيها التملُّق للأشكال ـ يمر فيها الكثيرون بالحركات، وسأكون خجولاً عندما أقول لمستر غاليليو إنها غير عملية مثلاً في مجال العلوم الاجتماعية. مثلاً ـ من واقع تجربتي الشخصية ـ هناك قدر هائل من دراسة طرق التعليم الرائجة وخصوصاً تعليم الرياضيات ـ ولكنك إن حاولت أن تعرف الطريقة الأفضل لتعليم الرياضيات فإنك ستكتشف أن هناك عدداً هائلاً من الدراسات وقدراً كبيراً من الإحصائيات ولكنها كلها منفصلة عن بعضها البعض، وإنها مزيج من القصص والتجارب غير المضبوطة وتجارب سيئة الضبط بحيث إن النتيجة هي معلومات قليلة.

وأخيراً، أود أن أُبيِّن لغاليليو عالمنا، لا بد أن أُريه شيئاً بقدر كبير من الخجل، فلو نظرنا بعيداً عن العلوم إلى العالم حولنا، فإننا نجد شيئاً يستدعي الكثير من الحزن وهو أن البيئة التي نعيش فيها غير علمية بشكل مكثَّف ونشط. كان بمقدور غاليليو أن يقول «لاحظت أن المشتري كان كرة مع أقمار وليس إلها في السماء» فقل لي ما الذي جرى لعلماء التنجيم؟. حسناً إنهم ينشرون نتائجهم في الصحف، في الولايات المتحدة على الأقل في كل صحيفة يومية. فلماذا لا يزال لدينا منجّمون؟ ولماذا يمكن لشخص ما أن يؤلِّف كتاباً مثل «العالم في صدام

يؤلفه شخص يبدأ إسمه بحرف (من) اسم روسي؟ فينينكوسكي؟» وكيف أصبح هذا الكتاب رائجاً؟ وما هذا الهراء حول ميري برودي أو شئ من هذا القبيل؟ لست أدري إن هذا كله جنون. هناك دائماً مادة سخيفة كمية لا تُعد ولا تُحصى من هذا السخف مما جعل البيئة غير عملية. لا زال هناك حديث حول التخاطب على الرغم من انقراضه، وهناك علاج روحاني مُنتشر بكثرة لدرجة أنه أصبح من الطقوس الدينية الكاملة.

والآن ربما يكون حقيقة أن التنجيم على حق، قد يكون صحيحاً إن ذهبت إلى طبيب الأسنان في اليوم الذي يكون فيه المريخ في الزاوية الصحيحة من فينوس أفضل مما لو ذهبت في يوم آخر مختلف. فقد يكون صحيحاً أنه يمكن علاجك بمعجزة من «لوردز» ولكن إن كان هذا صحيحاً فلا بد من التحقُّق منه. لماذا؟ لتحسينه. فإن كان صحيحاً فربما نستطيع أن نعرف إن كانت النجوم تؤثِّر على الحياة كي نستطيع أن نجعل النظام أكثر قوة بالتحقق إحصائيا وعلمياً لنحكم على الدليل بطريقة موضوعية بحذر أكبر. وإن كانت عملية العلاج ناجعة بواسطة «لوردز» فإن السؤال الذي يطرح نفسه كم هي المسافة التي يجب أن تكون بيننا وبين موقع المعجزة بالنسبة للشخص المريض؟ وهل تم ارتكاب خطأ وأصبح الصف الخلفي غير مجدٍ؟ أم أن النظام يعمل بشكل جيِّد بحيث أن هناك مُتسع كاف لمزيد من الناس يتم ترتيبهم بالقرب من مكان المعجزة؟ أم أنه

من الممكن، كما هو الحال بالنسبة للقديسين الذين تم توفّرهم في الولايات المتحدة ـ هناك قديس يعالج اللوكيميا بطريقة غير مباشرة ـ هناك أشرطة متصلة بغطاء الشخص المريض (ويكون الشريط قد لامس مسبقاً بعضاً من أثر القديس) تزيد من علاج اللوكيميا ـ والسؤال هو هل يجري تخفيف هذا تدريجياً؟ قد تضحكون من ذلك ولكن إن كنتم تعتقدون بحقيقة المداواة، فإنكم عندئذ مسئولون عن التدقيق فيه وتحسين كفاءته وجعله يبعث على الرضا بدلاً من الغش. مثلاً ربما يتبيَّن أنه بعد مئة لمسة فإن ذلك لن يعود مجدياً. والآن فإنه من الممكن أيضاً أن يكون لهذا البحث نتائج أخرى خصوصاً وأنه لا يوجد أي شئ.

وهناك أشياء أخرى تزعجني يمكن أن أذكرها أيضاً وهي الأشياء التي يُناقشها رجال العلم في العصر الحديث دون أن يخجلوا من أنفسهم، هناك أشياء عديدة يستطيعون مناقشتها ولا يخجلون من أنفسهم. وهناك بعض الأمور التي تجري في المؤتمرات عن العلم والقرارات التي تُتَّخذ هي سخيفة في العصر الحديث. أود أن أوضح أن أحد الصعوبات وأحد الأسباب في استمرار حصول ذلك هو عدم إدراك التعديل العميق الذي سينتج لنظرتنا إلى العالم لو أن مجرَّد مثال واحد من هذه الأشياء يكون عملياً. إن الفكرة برمّتها لو تمكَّنت من التوصل إلى الحقيقة ليس عن فكرة التنجيم بكاملها ولكن عن بند صغير واحد، يمكن أن تكون ذات تأثير خيالي على فهمنا

للعالم. لذلك فإن أسباب ضحكنا قليلاً هو أننا واثقون جداً من نظرتنا للعالم لدرجة أننا متأكدون من أنهم لن يُساهموا بأي شئ. ومن ناحية أخرى، لماذا لا نتخلَّص من ذلك؟ وسأعود للسبب الذي يجعلنا لا نتخلص من ذلك خلال دقيقة لأن العلم ليس له علاقة بالتنجيم كما قلت من قبل.

والآن سأذكر شيئاً آخر هو موضع شك أكثر، ولكني لا زلت أعتقد أننا في حكمنا على الدليل، وأعني تقديم الدليل، فإن هناك نوعاً من المسئولية يشعر بها العلماء تجاه بعضهم البعض يمكن أن يتمثل في نوع من الأخلاقية. ما هي الطريقة الصحيحة والخاطئة في تقرير النتائج؟ لدرجة أن الشخص الآخر حر في فهم ما تقوله أنت بدقة ولا يشملها أقرب ما هو ممكن برغباتك، إن هذا الشيء مفيد وإنه شئ يساعد كل واحد منا لفهم بعضنا الآخر وفي الحقيقة، في التطوُّر بطريقة ليست في مصلحتنا شخصياً ولكنها من أجل التطوير من أجل التطوير العام للأفكار أم القيم. ولذلك فإن هناك نوع من الأخلاقية العلمية، وأعتقد، بلا أمل، أنه ينبغي لهذه الأخلاقية أن تمتد أكثر وأكثر. هذه الفكرة، وهذا النوع من الاخلاقية العلمية، بأن مثل هذه الأشياء مثل الدعاية ينبغي أن تكون كلمة قذرة، وأن وصفاً لبلد ما يقوم به أُناس من بلد آخر ينبغي أن يصف البلد بطريقة مميزة. ما هذه المعجزة ـ إنها أسوأ من معجزة عند لوردز! فالإعلان مثلاً، مثال على الوصف اللاأخلاقي علمياً للمنتجات.

وهذه اللاأخلاقية مركَّزة جداً لدرجة أن الأنسان يُصبح معتاداً عليها في الحياة العادية لدرجة أنك لا تُقدِّر أنه شيء سئ. وأعتقد أن أحد الأسباب الهامة التي تدعو إلى زيادة اتصال العلماء مع باقي أفراد المجتمع هو أن نشرح لهم وأن نوقظهم لهذا التآكل الدائم لذكاء العقل الناتج عن عدم توفُّر معلومات دائمة بشكل مشوّق.

هناك أشياء أخرى يجب أن تكون فيها الطرق العلمية ذات قيمة، إنها واضحة بشكل جليّ لكنها تصبح أكثر صعوبة للنقاش ـ أشياء مثل اتخاذ القرارات. ولا أقصد أنه يجب أن تتم بطريقة علمية مثل الطريقة في الولايات المتحدة التي تقوم بها شركة راند وتقوم بعمليات حسابية. وهذا يذكِّرني بأيامي عندما كنت في السنة الثانية في الكلية والتي اكتشفنا فيها، أثناء بحثنا موضوع النساء، أننا باستعمال المصطلحات الكهربائية ـ الإعاقة ـ التردُّد ـ المقاومة ـ كان لدينا فهماً أعمق للوضع. الأمر الثاني الذي يوقع في نفس الرجل العلمي شعوراً بالخوف في وقتنا الحالي هي طرق اختيار ـ القادة ـ في كل دولة، فمثلاً في الولايات المتحدة هذه الأيام هناك الحرب بين السياسيين الذين قرروا توظيف رجال العلاقات العامة، أي رجال الإعلان الذين يتم تدريبهم على الطرق اللازمة لإخبار الحقيقة والكذب من أجل تطوير منتج ما. ولم تكن هذه الفكرة الرئيسية، بل يُفترض فيهم أن يُناقشوا المواقف وليس أن يضعوا مجرَّد شعارات.

صحيح، لو أنك نظرت عبر التاريخ لوجدت أن اختيار القادة السياسيين في الولايات المتحدة كان مبنياً في العديد من الحالات على الشعارات (وأنا متأكد حالياً أن لكل حزب حسابات مصرفية بملايين الدولارات وأنه سيكون هناك شعارات ذكية جداً. ولكني لا أستطيع أن أوجز هذا الأمر الآن.

لقد كنت أقول إن العلم لم يكن ذا صلة بعلم النجوم. ويبدو هذا الأمر غريباً وأود أن أعود لهذه النقطة ثانية، بطبيعة الحال إنه ذا علاقة نظراً لحقيقة أنه متصل بعلم النجوم. لأننا لو فهمنا العالم بالطريقة التي نقوم بها، فإننا لن نستطيع أن نفهم كيف تحصل الظواهر الفلكية. ولكن بالنسبة للناس الذين يعتقدون بالتنجيم فلا يوجد علاقة، لأن العالم لا يُزعج نفسه في الحوار معهم. والأشخاص الذين يؤمنون بالعلاج الروحاني لا يجب أن يفكروا في العلم على الاطلاق حيث لا أحد يجادلهم. وأنت لست بحاجة الى تعلُّم العلوم إذا كنت تشعر أنك لا تحبها، لذلك يمكنك أن تتجاهل الأمر بكامله إذا كان ينطوي على إجهاد فكري وهو فعلاً كذلك. لماذا تستطيع أن تنسى الأمر برمته. لأننا لا نفعل أي شيء به. إني أعتقد أننا يجب أن نهاجم هذه الأشياء التي لا نعتقد بها، لا نهاجم بمعنى قطع رؤوس الناس بل بمعنى المناقشة. أعتقد أنه يجب أن نطلب من الناس أن يحاولوا أن يحصلوا لأنفسهم على صورة أكثر تناسقاً للعالم في فكرهم، وألا يسمحوا لأنفسهم بتقطيع

عقولهم إلى أربع قطع أو قطعتين ويؤمنوا في جانب منه بهذا الشيء وبشيء آخر في الجانب الآخر من عقولهم ولا يحاولوا أن يجربوا وجهتي النظر. ولأننا تعلمنا ذلك بمحاولة الجمع بين وجهات النظر التي نمتلكها في فكرنا وأن نقارن واحدة بالأخرى فقد حقَّقنا نوعاً من التقدُّم وفهم لموقعنا ولماهيتنا. وإني أعتقد أن العلم بقي منفصلاً لأننا ننتظر حتى يطرح علينا شخص ما أسئلة أو حتى تتم دعوتنا لإلقاء كلمة حول نظرية آينشتاين لأناس لا يفهمون ميكانيكا نيوتن، لكن لا يمكن أن تتم دعوتنا لمهاجمة العلاج الروحاني أو حول النظرة العلمية للتنجيم هذه الأيام.

أعتقد أنه علينا بصفة رئيسية أن نكتب بعض المقالات. والآن ما الذي سيحدث؟ الشخص الذي يؤمن بالتنجيم يتعلم شيئاً عنه، والشخص الذي يؤمن بالعلاج الروحاني ربما عليه أن يعرف شيئا عن الطب نظراً للجدل القائم بين كروفر، وعن بعض من مادة الأحياء. والملاحظة التي قرأتها في مكان ما بأن العلم بخير طالما أنه لا يُهاجم الدين كان إيماءة كنت بحاجة إليها لفهم المشكلة وطالما أنه لا يهاجم الدين فلا داعي للاهتمام به ولا يجب على أحد أن يتعلم شيئا. لذلك يمكن بتره عن المجتمع الحديث باستثناء تطبيقاته، وبهذا يتم عزله. وبعدئذ يوجد لدينا هذا الصراع المخيف وهو محاولة شرح الأشياء للناس الذين لا رغبة عندهم للمعرفة، ولكن إن أرادوا

أن يدافعوا عن وجهة نظرهم فإن عليهم أن يعرفوا وجهة نظرك نوعاً ما. لذلك فإني أقترح وربما يكون ذلك غير صحيح وخاطئ أن نكون مؤدَّبين جداً. لقد شهدت الحقبة الماضية حواراً حول هذه المسائل. لقد شعرت الكنيسة أن أفكار غاليليو هاجمت الكنيسة، إلا أن هذا الشعور غير وارد الآن بأن العلماء يهاجمون الكنيسة، ولا أحد يقلق حول هذا الأمر، ولا أحد يهاجم. وأعني لا أحد يكتب محاولاً أن يشرح عدم المطابقة بين الآراء الدينية والآراء العلمية التي يحملها أُناس مختلفون هذه الأيام أو حتى عدم المطابقة التي يحملها أحياناً نفس العالم بين معتقداته الدينية والعلمية.

والآن فإن الموضوع التالي والموضوع الرئيسي الأخير الذي أود أن أتحدث عنه هو الذي أعتبره حقيقة الأهم والأخطر وهذا يتعلق بمسألة الشك والريبة، فالعالم ليس متأكد أبدا، ونحن كلنا نعرف ذلك. نحن نعرف أن كل ما نقوله هي أقوال تقريبية بدرجات متفاوتة من الموثوقية. فعندما نقول خبراً فإن السؤال ليس فيما إذا كان صحيحاً أو خاطئاً ولكن ما مدى احتمال أن يكون صحيحاً أو خاطئاً «هل الله موجود؟» عندما نضعه بصيغة السؤال «كم درجة احتمال ذلك؟» فإن ذلك يؤدي إلى تحويل مُرعب لوجهة النظر الدينية، وهذا هو السبب الذي يجعل وجهة النظر الدينية غير علمية. ويجب أن نناقش كل سؤال بأسئلة الشك المسموح بها.

ومع زيادة الدليل فإن ذلك يزيد من احتمال أن تكون بعض الأفكار صحيحة أو يقلّل منها. ولكن ذلك لا يصل إلى درجة التأكيد المُطلق بطريقة ما أو بأخرى. والآن وقد وجدنا أن هذا ذا أهمية كبيرة من أجل التقدم، يجب بالتأكيد أن نترك مجالاً للشك وإلا فلا يوجد تقدُّم ولا يوجد تعلُّم، فلا سبيل إلى التعلم دون طرح سؤال. والسؤال يتطلَّب الشك، والناس يسعون إلى التأكُّد، ولكن ليس هناك شيء أكيد. والناس يشعرون بالرعب ـ كيف يُمكنك أن تعيش ولا تعرف؟ وهذا ليس غريباً على الإطلاق. أنت فقط تعتقد أنك تعرف، ومعظم تصرُّفاتك قائمة على معرفة غير تامَّة، وأنت في الحقيقة لا تعرف ما هي، وما الذي تدور حوله، أو ماهو الهدف من وراء العالم أو تعرف مقداراً كبيراً عن أشياء أخرى، فمن الممكن أن تعيش ولا تعرف.

وقد ولَّدت حرية الشك التي تُعتبر حيوية جداً لتطور العلوم من الصراع مع السلطات الدستورية للعصر التي توفّر حلاً لكل مشكلة ألا وهي الكنيسة. وغاليليو رمز لذلك الصراع بل هو من أهم المصارعين. وعلى الرغم من أن غاليليو يبدو قد أُرغم على الإنكار، إلا أنه لا أحد يأخذ اعترافه على محمل الجد. ونحن لا نشعر أنه يجب علينا أن نتتبع خطى غاليليو بهذه الطريقة وأنه ينبغي علينا جميعاً أن ننكر معتقداتنا.

وفي الحقيقة فإننا نعتبر التنكُّر ضرباً من الغباء ـ وأن

الكنيسة طلبت مثل هذا النوع من الغباء الذي نشهده مراراً وتكراراً، ونشعر بالتعاطف مع غاليليو كما نشعر بالتعاطف مع الموسيقيين والفنانين في الاتحاد السوفيتي الذين أُرغموا على التنكُّر وبأعداد قليلة لحُسن الحظ في وقتنا الحاضر. لكن النكران شيء غير ذي معنى بصرف النظر عن مدى الذكاء في تنظيمه وأن نكران غاليليو أمر لا يحتاج أن نناقشه ليبرز شيئاً عن غاليليو باستثناء أنه ربما كان رجلاً كبيراً في السن وأن الكنيسة كانت قوية جدا. وحقيقة أن غاليليو كان على حق ليس أمراً حيوياً في هذا الحوار، أما حقيقة أنه كان يحاول أن يُقمع فهو أمر مهم بطبيعة الحال.

إنه ليُحزننا أن نرى العالم ونرى الإنجازات القليلة التي حقَّقناها مقارنة بما نشعر به من إمكانيات البشر. فالناس في الماضي، في ظل كابوس عصرهم، كانت تُراودهم أحلام المستقبل. أما الآن وقد تحقَّق هذا المستقبل فإننا نرى أنه قد تم التفوُّق على تلك الأحلام بطرق عديدة ولكن بطرق أكثر، فإن الكثير من أحلام الحاضر لا زالت هي أحلام الناس في الماضي. كان في الماضي حماس كبير لطريقة أو أخرى لحل مشكلة معينة. وأحدها أن التعليم ينبغي أن يكون عالمياً عندئذ فان كل الناس يصبحون مثل فولتير وعندها نجد أنه قد تم تصويب كل شيء. فالتعليم العالمي شيء جيِّد ـ لكن يمكن أن تعلِّم شيئاً جيداً، ويمكن أن تعلِّم الأكاذيب والحقائق. مع تطور

الاتصال بين الشعوب من خلال التطور الفني للعلوم ينبغي بالتأكيد أن يحسِّن العلاقات بين الشعوب، وهذا يعتمد على ما تريد أن توصله. يمكنك أن توصل الحقائق وأن توصل الأكاذيب ويمكنك أن توصل التهديد أو اللطف. ولقد كان هناك آمال كبيرة أن العلوم التطبيقية ستحرِّر الإنسان من صراعه الجسماني وخصوصاً في الطب، مثلاً أن كل شيء يسير إلى الأفضل. نعم ولكن أثناء حديثنا هذا فإن العلماء يعملون في مختبرات سرية خفية ويحاولون أن يطوِّروا، بأقصى ما يستطيعون، أمراضاً لا يستطيع الآخرون أن يعالجوها. ربما يراودنا هذه الأيام حلم التشبُّع الاقتصادي لجميع الناس على أنه حل للمشكلة، وأعني ضرورة حصول كل شخص على قدر كاف من المواد التي يريدها. أنا لا أعني بطبيعة الحال أنه لا ينبغي علينا أن نحاول أن نعمل ذلك، أنا لا أقصد بما أقوله أنه ينبغي أن لا نعلم أو لا نتصل أو لا نصل إلى حد الإشباع الاقتصادي. ولكن أن يكون هذا هو الحل بحد ذاته فهذا أمر موضع شك. لأنه في تلك الأماكن التي يتوفَّر لدينا درجة معيَّنة من القناعة الاقتصادية فإن لدينا جمع حافل من المشكلات أو ربما مشكلات قديمة تبدو مختلفة قليلاً لأننا نعرف بدرجة كافية عن التاريخ.

لذلك فإننا هذه الايام لسنا ميسورين جداً ولا نرى أننا فعلنا شيئاً جيد جداً. لقد حاول الفلاسفة على مدى كل العصور

أن يعرفوا سر الوجود ومعناه كله. لأنهم لو استطاعوا أن يعرفوا المعنى الحقيقي للحياة، عندئذ فإن كل هذا الجهد البشري وكل هذه الإمكانيات المُذهلة للبشر يمكن أن تتحول إلى الاتجاه الصحيح ويمكن أن نسير إلى الأمام بنجاح كبير. لذلك فقد جرَّبنا كل هذه الأفكار المتباينة. لكن مسألة معنى العالم كله والحياة والمخلوقات قد تمَّت الإجابة عليه مرات عديدة من قبل أشخاص عديدين. ولسوء الحظ فإن كل الإجابات مختلفة وأن الناس الذين لديهم جواب معين ينظرون بتخوف لأعمال وسلوك الناس الذين لديهم جواب آخر. ينظرون برعب لأنهم يرون الأشياء المخيفة التي تتم وفي الحقيقة فإنه يتضح لنا حجم الامكانيات البشرية بفعل الحجم الخيالي للرعب وربما يكون هذا الذي يدفعنا إلى الطموح إن تمكنَّا من تحريك الأمور في الاتجاه الصحيح فإن الاشياء ستكون أفضل بكثير.

إذن ما هو معنى العالم بأسره؟ نحن لا نعرف معنى الوجود. فنحن نقول، نتيجة لدراسة جميع وجهات النظر المتوفرة لدينا من قبل، نجد أننا لا نعرف معنى الوجود. لكننا في قولنا هذا فلربما نجد قناة مفتوحة لو سمحنا بذلك مع تقدمنا للأمام فإننا نترك فرصاً للبدائل، بحيث أننا لا نصبح متحمسين للحقيقة والمعرفة ولكننا نبقى دائماً متشكِّكين أي أننا نعرضها للخطر «فالانجليز الذين طوَّروا حكومتهم بهذا الاتجاه يطلقون عليها التخبط. وعلى الرغم من أن هذا يبدو أمراً سخيفاً وغبياً

إلا أنها أكثر الطرق العلمية للتقدم. إن اتخاذ قرار حول الجواب ليس شيئاً علميا. وكي نحقِّق التقدُّم فإنه يجب على الإنسان أن يترك الباب مفتوحاً أمام المجهول فقط. إننا في بداية تطوُّر الجنس البشري فقط، تطوُّر العقل البشري للحياة الذكية ـ وأمامنا سنوات وسنوات، ومسئوليتنا هي أن نقدم الجواب اليوم عن ماهيته وأن نقود كل فرد في هذا الاتجاه وأن نقول «هذا هو الحل لكل شيء» لأننا سنكون مقيَّدين عندئذ بحدود خيالنا الحالي. إذ سنكون قادرين على صنع أشياء نعتقد حالياً بأنها هي التي يجب أن نفعلها، بينما إذا تركنا دائماً مجالاً للشك، ومجالاً للنقاش ونمضي في طريق مماثلة للعلوم فإن هذه الصعوبة لن تنشأ. لذلك، فإني أعتقد أنه على الرغم من اختلاف الوضع حالياً فلربما يأتي وقت في يوم ما يقدَّر فيه بالكامل ضرورة تحديد قوة الحكومة، وأن لا تتمتع الحكومات بسلطات تقرِّر فيها صلاحية النظريات العلمية ومحاولتها أن تفعل ذلك أمر سخيف. وأن لا تحاول أن تقرر الأوصاف المختلفة للتاريخ أو للنظرية الاقتصادية أو الفلسفية. وبهذه الطريقة فقط يمكن تطوير الاحتمالات الحقيقية لمستقبل الجنس البشري.

5

هناك حيز كبير في الواقع

في كلمته الشهيرة أمام الجمعية الفيزيائية الامريكية في 29 كانون أول عام 1959 في كالتيك، يشرح فينمان «الأب الروحي للتقنية الدقيقة» سابقاً عصره بعدة عقود عن مستقبل التصغير. كيف تضع موسوعة بريتانيكا بكاملها على رأس دبوس، وذلك التخفيض العنيف في حجم الأشياء الحيَّة وغير الحيَّة ومشكلة تزييت الآلات التي تبلغ من الحجم أصغر من الفترة حتى نهاية هذه الجملة. ويشن فينمان هجمومه متحدياً الشباب من العلماء لبناء محرِّك عامل لا يزيد في حجمه عن 1/64 من البوصة من جميع الجوانب.

دعوة الى دخول حقل جديد

إني أتصوَّر أنه يجب على الفيزيائيين التجريبيين أن ينظروا غالباً نظرة حسد إلى رجال مثل كارمنج أونز (1853 ـ 1926) الفائز بجائزة نوبل في الفيزياء عام 1913 نظراً لأبحاثه في خصائص المادة عند درجات حرارة دنيا مما قاد الى إنتاج الهيليوم السائل، الذي اكتشف حقلاً مثل درجة الحرارة المتدنية. مما يبدو أنه لا نهاية له والذي يمكن للإنسان أن يغوص فيه أكثر وأكثر. مثل ذلك الرجل يُعتبر قائداً وله احتكار مؤقت في مغامرة علمية. وبيرسي بريدجمان في تصميمه لطريقة الحصول عى ضغط عال، فتح حقلاً جديداً وكان قادراً على المضي فيه ويقودنا جميعاً. وتطوير فراغ أعلى كان تطوراً متواصلاً من النوع ذاته.

أود أن أصف حقلاً تم عمل القليل في مجاله ولكن يمكن عمل قدر هائل فيه من حيث المبدأ. وهذا الحقل ليس مماثلاً تماماً كالحقول الأخرى من حيث أنه لا يُفيدنا كثيراً عن أُسس الفيزياء من حيث «ما هي الأجسام الغريبة؟» ولكنها فيزياء صلبة بمعنى أنها ربما تفيدنا أكثر حول الظواهر الغريبة التي تحدث في مواقف معقدة. والأكثر من ذلك هناك نقطة وهي الأكثر أهمية وهي أنه سيكون لها قدراً هائلاً من التطبيقات الفنية.

إن ما أريد أن أتكلم عنه هي مشكلة معالجة وضبط الأشياء على نطاق صغير.

وسرعان ما أذكر ذلك حسب ما يقول لي الناس عن التصغير وإلى أي مدى قد تقدم ذلك في عصرنا الحالي. ويقولون لي عن المحركات الكهربائية التي يبلغ حجمها حجم الظفر في الإصبع الصغير.

وأن هناك أداة في السوق يمكن أن تُكتب بواسطتها الصلاة على رأس دبوس. لكن هذا لا يُعتبر شيئاً بل إنه أكثر شيء بدائي إنها خطوة متأنية في الإتجاه الذي أعتزم أن أناقشه إنه عالم صغير متعثِّر في الأسفل. ففي عام 2000، عندما ينظرون إلى الوراء إلى عصرنا هذا فإنهم سيتعجبون لماذا لم يبدأ أحد حتى عام 1960 في التحرُّك بصورة جدية في هذا الاتجاه.

«لماذا لا نستطيع أن نكتب الأربع وعشرين مجلداً من الموسوعة بريتانيكا على رأس دبوس». دعنا نرى ما الذي ينطوي عليه ذلك. إن رأس الدبوس يساوي 1/16 من البوصة ولو ضاعفناه بمقدار قطر 25.000 فإن مساحة رأس الدبوس عندئذ تساوي مساحة صفحات الموسوعة البريطانية. لذلك فإن كل ما يلزم عمله هو تقليل حجم جميع الكتابات في الموسوعة البريطانية 25000 مرة. فهل هذا ممكن؟ تبلغ قوة دوران العين حوالي 1/120 بوصة وهذا تقريباً هو قطر أحد النقط الصغيرة لإعادة الإنتاج الدقيق بمقدار النصف في الموسوعة. وهذا عندما تصغره 25000 مرة فإنه يبقى 80 أنغستروم (الانغستروم = 1/10 بليون من المتر) من حيث القطر ـ 32 ذرة في المعدن العادي.

وبمعنى آخر فإن إحدى هذه النقط سوف تحتوي في مساحتها 1000 ذرّة. لذلك يمكن بسهولة تعديل كل نقطة من حيث الحجم حسبما هو مطلوب في النقش التصويري، ولا شك في أن هناك مساحة كافية على رأس الدبوس لوضع جميع الموسوعة البريطانية.

وعلاوة على ذلك فإنه يمكن قراءتها كما لو أنها مكتوبة كذلك. لنتصور أنها مكتوبة بحروف بارزة معدنية أي أننا أبرزنا حروفاً معدنية بدلاً من الطباعة السوداء تبلغ فعليا 25000/ 1 من حجمها العادي فكيف يمكن لنا أن نقرأها؟

لو أن لدينا شيئاً مكتوباً بمثل هذه الطريقة فإنه يُمكننا أن نقرأها باستعمال أساليب شائعة الاستعمال حالياً (بدون شك سوف يجدون طريقة أفضل عندما نجدها مكتوبة فعلياً. ولكن لتوضيح الموضوع بصورة محافظة فإنني سأتناول الاساليب التي نعرفها في وقتنا الحاضر) سوف نكبس المعدن في مادة بلاستيكية ونجعل منها قالباً ثم نحك البلاستيك بدقة متناهية ونبخر ثاني أكسيد السيليكون في البلاستيك للحصول على فيلم دقيق جداً ثم نظلله بتبخير الذهب على زاوية على السيليكا بحيث تظهر الحروف الصغيرة بشكل واضح ثم نذيب البلاستيك عن فيلم السيليكا ثم ننظر من خلاله بمجهر إلكترون.

لا شك أن ما قمنا بتصغيره 25000 مرة على شكل حروف

بارزة على الدبوس سيكون سهل القراءة بالنسبة لنا هذه الأيام.

وفضلاً عن ذلك، فإنه لا شك أننا سنجد عمل نسخ من النسخة الأصلية أمراً سهلاً. فكل ما نحتاجه هو أن نضغط اللوحة المعدنية ذاتها في البلاستيك ثم نحصل على نسخة أخرى.

كيف نكتب كتابة مصغرة؟

والسؤال الثاني: كيف نكتب ذلك؟ ليس لدينا أسلوباً قياسياً لعمل ذلك الآن. ولكن دعنا نفترض أنه ليس أمراً صعباً كما يبدو للوهلة الاولى. يمكننا أن نعكس عدسات المجهر الالكتروني من أجل التصغير كما نقوم بالتكبير. ومصدر الأيونات المُرسلة خلال العدسات الميكروسكوبية بالعكس، يمكن أن يركِّز الى بقعة صغيرة جداً ويمكن أن نكتب بتلك البقعة كما تُكتب بأشعة الكاثود التلفزيونية المتذبذبة بالمرور عبر السطور مع وجود تعديل يقرِّر كمية المادة التي سيتم طبعها مع مرورنا في السطور.

قد تكون هذه الطريقة بطيئة جداً بسبب قيود المسافة، وسيكون هناك طرق سريعة. يمكن في البداية أن نصنع شاشة، ربما بواسطة عملية تصوير، يوجد بها ثقوب على شكل حروف. ثم نضرب قوساً خلف الثقوب ونرسم أيونات معدنية من خلال الثقوب، بعدئذ يمكن أن نستعمل مرة ثانية نظام

العدسات ونعمل صورة صغيرة على شكل أيون تضع المعدن على الدبوس.

هناك طريقة أكثر بساطة (على الرغم من أني غير متأكد من أنها ستكون عملية). نأخذ ضوءاً من خلال مجهر بصري يسير بالعكس ونركزه على شاشة تصوير كهربائية صغيرة، عندئذ تأتي الالكترونات من الشاشة حيث يشع الضوء. وهذه الالكترونات كانت مركَّزة من حيث الحجم بواسطة عدسات المجهر الالكترونية لتطبع مباشرة على سطح المعدن. فهل سيقوم مثل هذا الشعاع بحفر المعدن إذا مرَّ مدة طويلة؟ لا أدري: فإن لم يكن عملياً بالنسبة لسطح المعدن، من الممكن أن نجد سطحاً ما نغلِّف به الدبوس الأصلي بحيث يتم عمل تغيير في مكان ضربة الالكترون ويمكن أن نراه في وقت لاحق.

ليس هناك مشكلة في الشدة في هذه الادوات، غير تلك التي أنت معتاد عليها في التكبير حيث يجب أن تأخذ الكترونات قليلة وتنشرها على شاشة أكبر وأكبر، بل الأمر بالعكس تماماً. فالضوء الذي نحصل عليه من الصفحة مركَّز على منطقة صغيرة جداً، لذلك فهو شديد جدا. والالكترونات الصغيرة التي تأتي من شاشة التصوير الكهربائي يتم تصغيرها إلى مساحة صغيرة جداً لدرجة أنها تصبح ثانية مركزة جداً. ولست أدري لماذا لم يتم ذلك حتى الآن.

هذه هي الموسوعة البريطانية على رأس دبوس. ولكن دعونا ننظر في جميع الكتب في العالم. إذ يوجد مثلاً ما يقارب 9 مليون مجلَّد في مكتبة الكونغرس وكذلك يوجد 5 مليون مجلد في مكتبة المتحف البريطاني وهناك أيضاً 5 مليون مجلد في المكتبة الوطنية في فرنسا. ومما لا شك فيه أن هناك نسخ مكرَّرة ولذلك دعنا نقول إن هناك ما يقارب من 25 مليون مجلَّد موضع اهتمام في العالم.

ما الذي يحصل لو أني طبعت كل هذا حسب المقياس الذي سبق وأن ناقشناه؟ وكم سيكون الحيز الذي يشغله؟ بطبيعة الحال سوف يشغل مساحة حوالي مليون رأس دبوس لأنه بدلاً من كونها في 24 مجلد من الموسوعة فهناك 24 مليون مجلد. والمليون رأس دبوس يمكن أن توضع في مربع يتسع ألف دبوس على جانب أو على مساحة حوالي 3 ياردة مربعة. بمعنى أن نسخة مطابقة للسيليكا ذات خلفية بلاستيكية بسماكة الورقة التي عملنا بها النسخ بكل هذه المعلومات تقع في مساحة ما يُقارب حجم 35 صفحة من الموسوعة. وهذا ما يُعادل نصف صفحات هذه المجلة. فجميع المعلومات التي دوَّنها الجنس البشري في الكتب يمكن أن تُحمل تقريباً في كراسة في يدك. وغير مكتوبة بالرموز ولكنها إعادة إنتاج بسيط للصور الأصلية والحفر وكل شيء آخر على نطاق صغير دون فقدان للتركيز.

ماذا عسى أمينة مكتبتنا في كالتيك تقول وهي تركض من

مبنى لآخر إن قلت لها أنه بعد عشر سنوات من الآن بأن جميع المعلومات التي تُجاهد في متابعتها ـ 12 ألف مجلد المرصوصة من الأرض إلى السقف والأدراج مليئة بالبطاقات وغرف التخزين مليئة بالكتب القديمة يمكن أن تُحفظ فقط على بطاقة مكتبة واحدة! وعندما تجد جامعة البرازيل مثلاً أن مكتبتها قد حُرقت فإننا نستطيع أن نرسل لها نسخة من اللوحة الرئيسية خلال ساعات قليلة في مغلف بريدي ليس أكبر ولا أثقل من أي رسالة عادية بالبريد الجوي.

الآن عنوان حديثي هو «هناك حيز كبير في الواقع» وليس مجرد «هناك حيز في الواقع» إن ما شرحته هو أن هناك حيز ـ أي أنك يمكن أن تقلِّل حجم الأشياء بطريقة عملية. والآن أريد أن أُبيِّن أن هناك حيز «كبير». ولن أُناقش كيفية عملنا لذلك، ولكن ما هو الممكن فقط من حيث المبدأ ـ بمعنى ما هو ممكن حسب قوانين الفيزياء. أنا لا أخترع شيئاً ضد الجاذبية وهو ممكن يوماً ما إذا كانت القوانين غير التي نعرفها. إنني أقول لكم ما الذي يمكن فعله إذا كانت القوانين «هي» التي نعرفها. نحن لا نفعلها ببساطة لأننا لم نقترب منها حتى الآن.

المعلومات على نطاق صغير

لنفترض أننا بدلاً من محاولة إعادة إخراج الصور وجمع المعلومات مباشرة في شكلها الحالي أننا نكتب مضمون

المعلومات فقط في رموز من النقط والقواطع أو ما شابه ذلك لتمثل الحروف المختلفة. وكل حرف يمثل ستة أو سبعة «ضربات» من المعلومات. أي أنك تحتاج فقط إلى ستة أو سبعة نقاط أو قواطع لكل حرف. والآن بدلاً من كتابة كل شيء كما فعلت من قبل على سطح رأس الدبوس فإني أريد أن أستعمل داخل المادة أيضاً.

دعنا نمثِّل النقطة ببقعة صغيرة من معدن ما والقاطعة التي تليها ببقعة مجاورة من معدن آخر وهكذا. وكي نكون محافظين ـ لنفترض أن جزءاً من المعلومات ستتطلب مكعب صغير من الذرَّات خمس مرات في خمس مرات في خمس مرات أي 125 ذرَّة. وربما نحتاج مائة وبعض الذرَّات الغريبة لتتأكد من عدم فقدان المعلومات من خلال الإنتشار أو من خلال عملية أخرى.

لقد قدرت عدد الحروف الموجودة في الموسوعة وافترضت أن كل كتاب من الأربع وعشرين كتاباً يبلغ حجمه نفس حجم مجلد الموسوعة وبعدئذٍ قمت بحساب عدد الضربات من المعلومات هناك 10 ولكل ضربة هناك 100 ذرَّة. ويتبيَّن أن جميع المعلومات التي جمعها الإنسان بحذر في جميع الكتب في العالم يمكن أن تكتب بهذا الشكل في مكعب من المواد يساوي 2000/2 من البوصة عرضاً وهي القطعة المجردة من الغبار التي يمكن أن ترى بالعين البشرية المجردة. لذلك فإن هناك متسع كثير من الحيز في الواقع! ناهيك عن الميكروفيلم!

هذه الحقيقة ـ وهي أنه يمكن تحميل كمية هائلة من المعلومات في حيز صغير للغاية ـ معروفة بشكل جيد لعلماء الأحياء وتحل السر الذي كان قائماً قبل أن نفهم هذا كله بوضوح، عن الكيفية التي يُمكن أن تكون فيها كذلك في أصغر خلية جميع المعلومات عن تنظيم مخلوق معقَّد مثل أنفسنا يمكن أن تخزَّن. جميع هذه المعلومات سواءاً أكانت أعيننا بُنِّيةً أو إذا كنّا نفكِّر أم لا أو أنّه يجب أن ينمو عظم الفك في الجنين أو لا، مع فتحة صغيرة على الجانب كي يمكن لعصب فيما بعد أن ينمو ـ جميع هذه المعلومات موجودة في جزء بسيط من الخلية على شكل سلسلة طويلة من جزئ DNA الذي يستعمل فيه ما يقارب 50 ذرَّة لضربة واحدة من المعلومات عن الخلية.

مجهر إلكتروني أفضل

لو أني كتبت رمزاً بحجم 5×5×5 ذرات للضربة الواحدة فإن السؤال: كيف يمكن لي أن أقرأه هذه الأيام؟ فالمجهر الالكتروني لا يعتبر جيداً بدرجة كافية. فبالحذر والجهد الكبيرين فإنه يمكن أن يحل حوالي 10 إنغستروم. سأحاول أن أجرِّب وأؤثِّر فيكم وأنا أتحدث عن جميع هذه الأشياء على نطاق صغير، وأُبيِّن لكم أهمية تحسين المجهر الإلكتروني مائة ضعف. ليس الأمر مستحيلاً. وهو ليس ضدّ قانون حيود

الإلكترون. إن طول موجة الإلكترون في مثل ذلك المجهر هي 1/20 من الانغستروم فقط. لذلك ينبغي أن يكون من الممكن أن نرى الذرَّات الفردية. فما أعظم أن نكون قادرين على رؤية الذرَّات الفردية بوضوح؟

لدينا أصدقاء في مجالات أخرى ـ في الأحياء مثلاً. ونحن الفيزيائيون غالباً ننظر إليهم ونقول «هل تعلمون يا أصدقاءنا السبب الذي يجعلكم تحققون تقدماً بسيطاً؟» (فعلياً أنا لا أعرف أي مجال يتم فيه تحقيق تقدم أسرع من الأحياء هذه الأيام) وينبغي أن تستعملوا مزيداً من الرياضيات مثلما نفعل «وكان بإمكانهم أن يجيبوا علينا ـ ولكنهم مؤدبون ـ ولذلك سأُجيب أنا نيابة عنهم» إن ما ينبغي أن تفعله من أجل أن نحقق تقدما أسرع هو أن نجعل المجهر الإلكتروني أفضل مائة مرة.

ما هي المشكلات المركزية والأكثر جوهرية للأحياء في وقتنا الحاضر؟ إنها أسئلة مثل: ما هو تسلسل الأسس في DNA؟ ما الذي يحدث عندما يحصل تحول؟ وكيف يكون التنظيم القاعدي لـ DNA متصلاً بنظام الأحماض الأمينية في البروتين؟ ما هي بنية RNA؟ هل هي أحادية السلسلة أم ثنائية السلسلة؟ وما هي طريقة ترتيبها في تنظيم أسس DNA؟ ما هو تنظيم الكروموزومات؟ وكيف يتم تركيب البروتينات؟ أين تذهب RNA؟ وكيف تجلس؟ وأين تقع البروتينات؟ أين تذهب الأحماض الأمينية؟ وفي التركيب الضوئي، أين الكلوروفيل،

وكيف يتم ترتيبه وأين موقع الصبغ الجزراني من ذلك؟ وما هو نظام تحويل الضوء إلى طاقة كيماوية؟

من السهل جداً أن نُجيب على الكثير من هذه الأسئلة الحيوية البيولوجية: أنت فقط تنظر إلى الشيء! وسترى تنظيم الأسس في السلسلة. وسترى هيكل الكروموزوم. ولسوء الحظ فإن المجهر الحالي يظهر على نطاق خام جداً. فإذا جعلنا المجهر أقوى مائة ضعف فإن كثيراً من المشكلات الحيوية ستصبح أكثر سهولة. طبعاً أنا أُبالغ ولكن علماء الأحياء سيكونون بالتأكيد شاكرين جداً لك ـ وإنهم يفضلون هذا على النقد الذي يدعو إلى استعمالهم المزيد من الرياضيات.

إن نظرية العمليات الكيماوية الحالية قائمة على الفيزياء النظرية وبهذا المعنى فإن الفيزياء تقدَّم أساس الكيمياء. لكن للكيمياء أيضاً تحاليل. فإن كان لديك مادة غريبة وأردت أن تعرف ما هي فإنك تمضي في عملية طويلة ومعقَّدة من التحاليل الكيميائية. يمكنك أن تحلِّل تقريباً كل شيء حالياً لذلك فإني متأخر نوعاً ما في فكرتي. ولكن إن أراد الفيزيائيون ذلك فإنهم يمكن أن يحفروا تحت الكيميائين في مشكلة التحليل الكيماوي. وسيكون من السهل جداً عمل تحليلات لأي مادة كيماوية معقَّدة. وكل ما يلزم أن يفعله الإنسان هو أن ينظر إليها ويرى أين تقع الذرَّات. والمشكلة الوحيدة هي أن المجهر الالكتروني ضعيف جداً مائة مرة. (فيما بعد أريد أن أطرح السؤال التالي:

هل يستطيع الفيزيائيون أن يفعلوا شيئاً حول المشكلة الثالثة للكيمياء ـ وتحديداً التركيب؟ هل هناك طريقة فيزيائية لتركيب أي مادة كيميائية؟)

وسبب ضعف المجهر الالكتروني هو أن قيمة Fللعدسات هي فقط جزء واحد الى ألف ولا يوجد هناك منفذ رقمي كبير بدرجة كافية» وأنا أعلم أن هناك نظريات تبرهن أن هذا مستحيل مع عدسات مجال ثابتة محوريا لانتاج قيمة F أكبر من كذا وكذا» ولذلك فان قدرة التبيين في الوقت الحاضر في الحد الاقصى النظري لها» ولكن هناك افتراضات في كل نظرية» لماذا يجب أن يكون الحقل متساوقا؟ إنني أضع هذا كتحد» أليس هناك طريقة أخرى لجعل المجهر الإلكتروني أكثر قوة؟

النظام الأحيائي المذهل

لقد أوحى لي النموذج الأحيائي لكتابة المعلومات على نطاق صغير إلى التفكير بشيء لا بد وأن يكون ممكناً. فالأحياء ليست مجرَّد كتابة معلومات. إنها عمل شيء حول هذه المعلومات. فالنظام الأحيائي يمكن أن يكون صغيراً لدرجة متناهية. وكثير من الخلايا صغيرة جداً ولكنها نشطة جداً. وهي تصنع مواد مختلفة تتحول وتتذبذب وتعمل كافة أنواع الأشياء المُذهلة وكلها على نطاق صغير جداً، كذلك فهي تخزِّن المعلومات. ولننظر في إمكانية أننا نحن أيضا قادرون على جعل

الأشياء صغيرة جداً تعمل ما نريد، إننا قادرون على تصنيع شيء يمكن أن يُناور على كافة الأصعدة.

وقد يكون هناك ناحية اقتصادية لعمل الأشياء صغيرة جداً. دعني أذكِّركم ببعض مشكلات آلات الكومبيوتر. ففي الكومبيوتر يجب علينا أن نخزِّن كمية كبيرة من المعلومات، ذلك النوع من الكتابة التي كنت أذكرها من قبل يكون فيها كل شيء شبيه بتوزيع المعدن وهو دائم. والشيء المشوّق أكثر في الكومبيوتر هي طريقة الكتابة والمسح وكتابة شيء آخر (هذا لأننا لا نريد أن نتلف المادة التي كتبنا عليها. ولكن إذا استطعنا أن نكتبها في حيز صغير جداً فلا فرق في ذلك لأنها يُمكن أن تُرمى بعد أن نقرأها. ولا تكلف شيئاً من حيث المادة).

تصغير الكومبيوتر

لست أدري كيف أفعل ذلك على نطاق صغير بطريقة فيزيائية ولكن الذي أعرفه أن آلات الكومبيوتر كبيرة جداً وهي تملأ الغرفة. فلماذا لا نستطيع أن نجعلها صغيرة جدا ومن أسلاك صغيرة - بكلمة صغيرة أعني صغيرة - مثلاً ينبغي أن تكون الأسلاك 10 أو 100 ذرَّة من حيث القطر والدارة ينبغي أن تكون آلاف قليلة من الإنغستروم. وكل من قام بتحليل النظرية المنطقية للكومبيوترات توصل إلى خلاصة وهي أن إمكانيات الكومبيوترات مشوّقة إن أمكن صنعها لكي تكون أكثر تعقيداً

بعدة ترتيبات من الاحجام. ولو كان لها عناصر بملايين الأضعاف فلربما يصدر ذلك أحكاماً. سيكون لهم وقت بأفضل الطرق لإجراء الحسابات التي هم على وشك أن يفعلوها، ويمكن أن يختاروا طريقة التحليل والتي هي من واقع تجربتهم أفضل من التي نقدمها لهم، وبطرق أخرى عديدة سيكون لديهم مزايا نوعية جديدة.

لو أني نظرت إلى وجهك فإني أُدرك على الفور أني رأيته من قبل (وأصدقائي سيقولون إني اخترت مثالاً غير موات هنا لغرض التوضيح. على الأقل أميِّز أن هذا رجلاً وليس تفاحة) ومع هذا فإنه لا يوجد آلة يمكن أن تأخذ صورة وجه وتميّز أنها صورة رجل بهذه السرعة وأنه هو الرجل نفسه الذي عُرض عليَّ الآلة من قبل ما لم تكن تماماً الصورة ذاتها. فإذا تغيَّر الوجه وكنت أقرب إليه أو أبعد عنه، وإذا تغيَّر الضوء فإني أُميِّزها بأي شكل كان، والآن هذا الكومبيوتر الصغير الذي أحمله في رأسي قادر على عمل ذلك بسهولة. أما الكومبيوترات التي نبنيها فهي قادرة على عمل ذلك. إن عدد العناصر في هذا الصندوق العظمي الذي أمتلكه أكبر بكثير من العناصر في كومبيوتراتنا «المذهلة». لكن الكومبيوترات الميكانيكية كبيرة جداً، والعناصر في هذا الصندوق مجهرية وأنا أُريد أن أعمل شيئاً يكون أقل من مجهري.

ولو أردنا أن نضع كومبيوتراً يتّصف بكل هذه القدرات

الهائلة فلربما يجب علينا أن نصنعه بحجم البنتاغون. ولهذا مساوئ عديدة. أولاً إنه يتطلَّب مواد كثيرة جداً. ولربما لن يكون هناك جرمانيوم في العالم لكل الترانزستورات التي يجب أن توضع في هذا الجهاز الضخم. كما أن هناك مشكلة توليد الحرارة واستهلاك الطاقة. وقد يلزم وجود TVA لتشغيل الكومبيوتر. ولكن هناك أيضاً صعوبة عملية أكثر وهي أن الكومبيوتر سيكون محدوداً بسرعة معينة. وبسبب حجمه الكبير فإن هناك وقتاً محدوداً لازماً للحصول على المعلومات من مكان لآخر، والمعلومات لا يمكن أن تسير بسرعة أكثر من الضوء، ولذلك في النهاية عندما تُسرع الكومبيوترات أكثر وأكثر وتصبح مستفيضة أكثر وأكثر يجب علينا أن نصنعها أصغر وأصغر.

ولكن هناك مجالاً كبيراً لصنعها أصغر. وليس هناك أي شيء أراه في القوانين الفيزيائية يقول بأن عناصر الكومبيوتر لا يمكن أن تُصنع بشكل أصغر كثيراً مما هي عليه الآن. وفي الحقيقة قد يكون هناك مزايا معينة.

التصغير بواسطة التبخير

كيف لنا أن نصنع مثل هذه الأداة؟ وأي نوع من عمليات التصنيع سنستعمل؟ إحدى الاحتمالات التي يمكن النظر فيها طالما أننا تكلَّمنا عن الكتابة بوضع ذرَّات في ترتيب معيَّن هي

أن نُبخِّر المادة ثم نُبخِّر العازل المحاذي لها وبعد ذلك للطبقة التي تليها، نُبخِّر مكاناً آخر لسلك ما وعازل آخر وهكذا. ولذلك أنت ببساطة تُبخِّر حتى تحصل على كتلة مواد يوجد فيها العناصر ـ الملفات الكهربائية والمكثفات والترانزستورات وهكذا ـ ذات مقاييس دقيقة للغاية.

لكنني أود أن أبحث لمجرد المتعة وأقول أن هناك احتمالات أخرى، لماذا لا نستطيع أن نصنع هذه الكومبيوترات مثلما نصنع الكومبيوترات الكبيرة؟ لماذا لا نستطيع أن نحفر ثقوباً ونقطع أشياء ونلحِّم أشياء ونطبع أشياء ونقولب أشكالاً على مستوى متناهي الصغر، ما هي القيود التي تحول دون عمل الشيء صغيراً قبل صعوبة أن نقولبه بعد ذلك؟ وكم من مرة كنت تعمل فيها بشيء صغير جداً مثل ساعة معصم زوجتك، قلت لنفسك «لو أن باستطاعتي أن أُدرِّب نملة على عمل ذلك»؟

ما أود أن أقترحه هو إمكانية تدريب نملة لتدريب سوسة على عمل ذلك. ما هي إمكانيات آلات صغيرة ولكن متحركة؟ ربما تكون مفيدة أو غير مفيدة ولكن بالتأكيد إن عمل ذلك لمتعة.

لننظر في أي آلة ـ مثلاً سيارة ثم تتساءل عن المُشكلات المشمولة في صناعة آلة متناهية الصغر مثلها. لنفترض في التصميم الخاص للسيارة أننا بحاجة الى دقة معينة في قطعها. نحتاج الى دقة لنفترض 10.000/4 بوصة فإن كانت الأشياء غير دقيقة أكثر من

ذلك في شكل الاسطوانة فإنها لن تعمل بشكل جيد، فإذا عملت الشيء صغيراً جداً يجب أن أكون مهتماً بحجم الذرَّات. لا أستطيع أن أصنع دائرة من «الكرات» لنتكلم إذا كانت الدائرة صغيرة جداً. لذلك إذا كنت قادراً على عمل الخطأ موافقا لـ10.000/ 4 من البوصة يتطابق مع خطأ بعشر ذرَّات فإنه يبدو أني قادر على تقليل مقاسات السيارة 4000 مرة تقريباً بحيث تكون 1 ملم عرض. ومن الواضح أنك لو أعدت تصميم السيارة بحيث يُمكن أن تعمل بمساحة أكبر. وهو أمر ليس بالمستحيل أبدا. فإنك عندئذ تستطيع أن تصنع آلة أصغر بكثير.

إنه لأمر مشوق أن تنظر في المشكلات الموجودة في مثل هذه الآلات الصغيرة. أولاً بالأجزاء المضغوطة بنفس الدرجة. فإن القوى تذهب بنفس الدرجة التي تقلِّل فيها المساحة لدرجة أن الأشياء مثل الوزن والعطالة ليست ذات أهمية نسبياً. بمعنى آخر إن قوة المادة هي أكثر من حيث الأهمية، إن الضغط والتمدد من قوة طاردة من الدولاب مثلاً ستكون بنفس النسبة إذا زادت سرعة الدوران فقط بنفس النسبة عند تقليل الحجم. ومن ناحية أخرى، فإن المعادن التي نستعملها ذات هيكل من الذرَّات وهذه ستكون مزعجة جداً على النطاق الصغير لأن المادة غير متجانسة. فالبلاستيك والزجاج والأشياء ذات الطبيعة غير المبتكرة متجانسة أكثر بكثير. ولذلك يجب علينا أن نصنع آلاتنا من مواد كهذه.

وهناك مشكلات مصاحبة للجزء الكهربائي لنظام أسلاك النحاس والاجزاء المغناطيسية. فالخصائص المغناطيسية على نطاق صغير جداً ليست ذاتها على نطاق كبير. فهناك مشكلة «المجال المغناطيسي». فالمغناطيس الكبير الذي يتكوَّن من ملايين الحقول المغناطيسية يمكن أن يُصنع فقط على نطاق صغير بحقل مغناطيسي واحد. أما المعدَّات الكهربائية فلا يمكن أن تخفَّض ببساطة. إذ لا بد من إعادة تصميمها ولكني لا أرى سبباً يُفسِّر عدم إمكانية تصميمها مرة ثانية للعمل.

مشكلات التزييت

التزييت يشمل بعض النقاط الهامة. إن اللزوجة الفعَّالة للزيت ستكون أعلى وأعلى نسبياً كلَّما اتجهنا نحو الإنخفاض (إذا زدنا من السرعة بأقصى استطاعتنا) فإذا لم تزداد السرعة كثيراً وتتغير من الزيت إلى الكيروسين أو سائل آخر فإن المشكلة ليست بهذا السوء، ولكن فعلياً ربما قد لا نحتاج الى التزييت أبداً! لدينا الكثير من القوة الفائضة، دع العجلات تجف فإنها لن تصبح ساخنة، لأن الحرارة تذهب من آلة صغيرة بسرعة كبيرة جداً. هذا الفقدان السريع للحرارة يحول دون انفجار الغازولين، لذلك فإن الاحتراق الداخلي للآلة مستحيل، ويمكن استعمال تفاعلات كيماوية أخرى تحرِّر الطاقة عندما تكون باردة، وربما يكون مصدر خارجي للطاقة الكهربائية أكثر الأشياء ملاءمة لآلات صغيرة كهذه.

ماذا يمكن أن يكون في استعمال هذه الآلات؟ من يعرف؟ بطبيعة الحال فإن السيارة الصغيرة ستكون مفيدة فقط للعث كي يسير بها وأعتقد أن مصالحنا العقائدية لا تصل إلى هذه الدرجة. إلا إننا لاحظنا إمكانية صناعة عناصر صغيرة للكومبيوترات في مصانع آلية بالكامل تحتوي على مناشير وأدوات أخرى على مستوى صغير جدا. والمنشار الصغير لا ينبغي أن يكون تماماً مثل المنشار الكبير، وأترك لخيالكم تحسين التصميم للاستفادة بالكامل من خصائص الأشياء على نطاق صغير، وبهذه الطريقة فإن الجانب الآلي كلياً يمكن أن يكون أسهل من حيث الإدراة.

يقترح أحد أصدقائي (ألبرت آر. هيبس) احتمالاً شيِّقاً جداً لآلات صغيرة نسبياً. فهو يقول إنه على الرغم من أنها فكرة غريبة جداً فإنها ستكون مثيرة في الجراحة لو تمكنت أن تبتلع الجراح، فأنت تضع الجراح الميكانيكي داخل الأوعية الدموية ويذهب إلى القلب وينظر من حوله (طبعاً لا بد من تغذية المعلومات) وهو يجد أن الصمامات هو المعطوب ثم يأخذ سكيناً صغيراً ويقطعه. وهناك آلات صغيرة يمكن أن تزرع بشكل دائم في الجسم لتساعد الأعضاء التي لا تعمل بشكل جيد.

والآن يأتي السؤال المثير: كيف نعمل مثل هذه الآلية الدقيقة؟ وأترك ذلك لكم.

ومع ذلك دعني أقترح إمكانية عجيبة. أنتم تعلمون أن هناك في معامل الطاقة الذرية مواداً وآلات لا يمكن معالجتها مباشرة لأنها أصبحت مشعَّة، ولفك العزقات وتركيب البراغي توجد مجموعة من الأذرع الرئيسية والفرعية لدرجة أنك بتشغيل مجموعة من الروافع هنا فإنك تضبط الأذرع هناك ويمكن أن تحرِّكها بهذه الطريقة أو تلك حتى تتمكن من مناولة الأشياء بطريقة جيدة.

إن معظم هذه الأشياء مصنوعة بطريقة بسيطة جداً من حيث وجود كابل معيَّن شبيه بخيط الدُمى المتحركة يذهب مباشرة من الضوابط إلى «الأذرع» ولكن بالطبع تمت صناعة الأشياء باستعمال المحركات المؤازرة بحيث تكون الصلة بين شيء ما والآخر كهربائية بدلاً من كونها ميكانيكية، فعندما تحرك الاذرع فإنها تحرك المحرك المؤازر وتحول التيار الكهربائي في الأسلاك مما يعيد توضيع المحرك في الطرف الآخر.

والآن أريد أن أبني تقريباً نفس الآلة ـ نظام خدمي رئيسي يعمل كهربائياً. ولكن أريد الخدم أن يصنع بحذر شديد بشكل خاص من قبل فنيين عصريين على نطاق واسع بحيث تكون هذه تساوي «ربع» قياس «الأيدي» التي تحركها عادة. وبذلك يكون لديك نظام تستطيع بواسطته أن تفعل الأشياء بقياس ربع واحد ـ المحركات المؤازرة الصغيرة بالأيدي الصغيرة تتحرك بعزقات وبراغي صغيرة. وتحفر حفراً صغيرة وهي أصغر بأربعة

أضعاف، وهكذا فإني أصنع منشاراً بربع الحجم وأصنع أدوات بربع الحجم وأصنع بمقياس الربع مجموعة أخرى من الأيدي مرة أخرى بحجم ربع تقريباً. هذا من وجهة نظري واحد على ستة عشر من حيث الحجم. وبعد الانتهاء من عمل ذلك أوصل مباشرة من نظامي بالمقياس الكبير ربما بواسطة محولات بمحركات مؤازرة تساوي واحد على ستة عشر وهكذا أستطيع أن أُحرِّك الأيدي بحجم واحد على ستة عشر.

والآن أنت تأخذ المبدأ من هنا، إنه برنامج صعب جداً، ولكنه ممكن. ربما تقول إن الإنسان قد يمضي لأكثر من ذلك في خطوة واحدة أكثر من واحد إلى أربعة، وبالطبع فإن هذا كله يجب أن يصمَّم بحذر وليس من الضروري أن نجعله مثل الأيدي.

ولو أنك فكرت فيها بحذر فلربما تصل إلى نظام أفضل لعمل مثل هذه الأشياء.

ولو إنك عملت من خلال المنساخ حتى هذه الأيام لاستطعت أن تحصل على أكثر من معامل من أربعة حتى في خطوة واحدة. ولكنك لا تستطيع أن تعمل مباشرة من خلال منساخ لعمل منساخ أصغر بسبب سعة الحفرات وعدم رتابة البناء. ونهاية المنساخ تلتف بعدم رتابة أكبر نسبياً من تلك التي تحرك بها يديك. والمضي قدماً في المقياس سأحدِّد نهاية

المنساخ على نهاية المنساخ حتى تهتز بشكل سيء بحيث أنها لا تعمل شيئاً عقلانياً على الإطلاق.

من الضروري أن يتم تحسين دقة الجهاز في كل مرحلة. فمثلاً لو عملنا منشاراً صغيراً باستعمال المنساخ ووجدنا أن البرغي الأمامي غير نظامي ـ غير نظامي أكثر من المقياس الكبير ـ ويمكن أن نركِّب البرغي الأمامي على العزقات القابلة للكسر بحيث يمكن أن نرجع بالطريقة العادية إلى الأمام والوراء إلى أن يصبح هذا البرغي، في مجاله، دقيقاً مثل البراغي الأمامية الأصلية حسب مقياسنا.

يمكن أن نعمل أجساماً مسطَّحة بواسطة مسح الأسطح غير المستوية على ثلاث طبقات ـ ثلاث قطع ـ والقطع المسطَّحة تصبح مسطَّحة أكثر من القطع التي بدأت فيها، وهكذا فإنه ليس من المستحيل أن تُحسن الدقة على نطاق صغير بالعمليات الصحيحة، لذلك عندما نبني هذا الشيء فإنه من الضروري في كل خطوة أن نُحسن دقة المعدات بالعمل لفترة ونعمل براغي رئيسية دقيقة وقطع جوهانسين وكل المواد الأخرى التي نستعملها في عمل الآلات الدقيقة بمستوى أفضل. ويجب علينا أن نتوقف عند كل مستوى، ونصنع كل المادة لنذهب الى المستوى الذي يليه وهو برنامج طويل جداً وصعب جداً. ربما يمكن أن تجد طريقة أفضل من ذلك لتصل إلى مستوى صغير بسرعة أكثر.

ومع ذلك، وبعد هذا كله، فإن لديك منشار صغير أصغر من المنشار العادي بأربعة آلاف مرة. ولكننا نفكِّر في عمل كومبيوتر ضخم نريد أن نبنيه بواسطة عمل ثقوب في هذا المنشار لعمل فلكة صغيرة للكومبيوتر، فكم فلكة يمكن أن تصنع على هذا المنشار؟

مئات الأيدي الصغيرة

عندما أصنع المجموعة الأولى من «الأيدي» الخادمة بمقياس ربع فإنني سأصنع عشر مجموعات من الأيدي ثم أوصلها بأسلاك بالروافع الأصلية بحيث أن كل واحدة تعمل الشيء ذاته بالتوازي. والآن عندما أصنع أدواتي الجديدة بحجم صغير ربع مرة ثانية في الصغر فإنني أجعل كل واحد يصنع عشرة نسخ بحيث أحصل على مائة «يد» بحجم 1/16.

أين سأضع المليون منشار التي سأحصل عليها؟ لماذا لا يوجد لها عمل، فالحجم أقل من حجم منشار بقياس عادي. مثلاً إذا صنعت مليار منشار صغير كل واحد منها بمقياس 1/4000 من المنشار النظامي فإن هناك كمية من المواد والحيز المتوفر لأنه في المليار منشار الصغير هناك أقل من 2٪ من المواد في المنشار الكبير. وهذا لا يكلِّف أي شيء من حيث المواد. لذلك أريد أن أبني مليار مصنع صغير، نماذج من بعضها البعض تقوم بالتصنيع في آن واحد وتحفر الثقوب وتطبع قطعاً وهكذا.

وكلما ازددنا في صغر الحجم فإن هناك عدد من المشكلات تظهر أمامنا. فكل الأشياء لا تصغر من حيث المقياس ببساطة بنفس النسبة، وهناك مشكلة التصاق المواد معاً بحكم الجزيئات المتجاذبة، وسيكون الأمر على النحو التالي: بعد أن تصنع قطعة وتنزع العزقة من البرغي فإنها لن تسقط لأننا لا نقدِّر الجاذبية، بل سيكون من الصعب نزع العزقة. سيكون الأمر مماثلاً لتلك الرسوم القديمة لرجل يداه مملوءتان بدبس السكر ويحاول أن يتخلص من كأس ماء وسيكون هناك مشكلات عديدة من هذا النوع يجب علينا أن نكون جاهزين لتصميمها.

إعادة ترتيب الذرات

لكنني لا أخشى النظر في السؤال الأخير الذي يتعلق في النهاية ـ في المستقبل العظيم ـ فيما إذا كان بإمكاننا أن نرتِّب الذرَّات بالطريقة التي نريد. الذرَّات نفسها ترتيباً تنازلياً! ما الذي سيحصل إذا استطعنا أن نرتب الذرات واحدة تلو الأخرى بالطريقة التي نريد أن تكون عليه (ضمن الأسباب بطبيعة الحال فإنك لا تستطيع أن تضعها بحيث تكون غير ثابتة كيماويا مثلاً؟).

وكنا مقتنعين حتى الآن بأن نحفر في باطن الأرض للعثور على المعادن، ونقوم بتسخينها ونعمل منها أشياء على نطاق واسع ونتطلع إلى الحصول على مادة نقية بعدم نقاوة كبيرة

وهكذا. ولكننا يجب دائماً أن نتقبَّل ترتيباً ذرياً تمنحنا إياه الطبيعة. ليس لدينا أي شيء لنقبل بترتيب «قياسي» بوجود ذرَّات غير نقية مرتَّبة تماماً بشكل 1000 أنغستروم منفصلة أو في نمط محدد آخر.

ماذا عسانا نفعل بهياكل ذات طبقات بالطبقات الصحيحة؟ وماذا عسى أن تكون خصائص المواد لو استطعنا فعلاً أن نرتِّب الذرَّات بالطريقة التي نريد، وسيكون من المشوق أن نبحث فيها نظريا. أنا لا أستطيع أن أرى ما الذي سيحدث بالضبط ولكن يصعب علينا أن نشك أنه عندما يتوفر لدينا نوع من «ضبط» ترتيب الأشياء على نطاق ضيق فإننا سنحصل على نمط أكبر بدرجة هائلة من الخصائص الممكنة التي يمكن أن تتوفر للمواد وللأشياء المختلفة التي نستطيع أن نفعلها.

لننظر مثلاً قطعة من المواد نعمل منها ملفات ومكثَّفات صغيرة (أو مثيلاتها الصلبة) بعدد1000 أو 10000 أنغستروم كل واحدة تلي الأخرى مباشرة على مساحة كبيرة مع هوائي صغير بارز على الطرف الآخر سلسلة كاملة من الدارات» فهل من الممكن مثلاً انبعاث ضوء من مجموعة كاملة من الهوائيات كما تنبعث موجات راديو من مجموعة منظمة من الهوائيات لبث برامج الراديو إلى أوروبا؟ والشيء ذاته في إشعاع الضوء في اتجاه محدَّد بكثافة عالية جدا (ربما يكون مثل هذا الإشعاع غير مفيد جداً فنياً أو اقتصادياً).

لقد فكّرت في بعض المشكلات المشمولة في بناء دارات كهربائية على نطاق ضيق وكانت مشكلة المقاومة خطيرة. فإذا بنيت دارة ذات صلة على نطاق صغير فإن ذبذبتها الطبيعية ترتفع طالما أن طول الموجة ينخفض مثل النطاق الصغير، لكن عمق الغطاء ينخفض مع الجذر التربيعي لمعدل النطاق وبذلك فإن مشكلات المقاومة في صعوبة متزايدة، وربما نستطيع التغلُّب على المقاومة من خلال استعمال مادة ذات توصيلات عالية جداً إذا كانت الذبذبة غير عالية جداً أو بطرق متحايلة أخرى.

الذرَّات في عالم صغير

عندما نصل إلى العالم الصغير جداً ـ مثلاً دارات ذات سبع ذرَّات ـ فإننا نحصل على أشياء كثيرة جداً يُمكن أن تحصل تمثِّل فرصاً جديدة بالكامل للتصميم. فالذرَّات على نطاق صغير لا تكون ذات سلوك يُذكر على نطاق كبير لأنها تؤدي غرض ميكانيكا الكم. لذلك كلما انحدرنا للأسفل وتلاعبنا بالذرات فإننا نعمل وفقاً لقوانين مختلفة ونتوقع أن نفعل أشياء مختلفة. نستطيع أن نصنع بطرق مختلفة، نستطيع أن نستعمل، ليس مجرد دارات، بل نظاماً يشمل مستويات الطاقة الكمية أو تفاعلات دوران كمي.

وسنلاحظ شيئاً آخر أنه لو مضينا إلى الأمام بدرجة كافية فإن جميع أدواتنا يمكن أن تنتج كميات كبيرة بحيث تكون نسخاً

مطابقة تماماً لبعضها البعض. إننا لا نستطيع أن نصنع آليتين كبيرتين بحيث تكون المقاسات ذاتها بالضبط، ولكن إن كانت آلتك 100 ذرَّة أعلى فقط فإن عليك أن تصحِّحها إلى نصف واحد بالمائة لتتأكد من أن الآلة الأخرى بنفس الحجم تماماً 100 ذرَّة أعلى!

وعلى المستوى الذرِّي فإن لدينا أنواع جديدة من القوى وأنواع جديدة من الاحتمالات وأنواع جديدة من النتائج. ومشكلات التصنيع وإعادة إنتاج المواد ستكون مختلفة تماماً. وأنا كما سبق وأن قلت ملهم بالظاهرة الحيوية التي تُستعمل فيها القوى الكيميائية بطريقة متكررة لإنتاج جميع النتائج الملتوية (وأحدها هو الكاتب) إن مبادئ الفيزياء حسبما أراها، لا تفيد بعكس احتمال التلاعب بالأشياء ذرَّة ذرَّة. إنها ليست محاولة لاختراق أي قانون. إنه شيء يمكن عمله من حيث المبدأ ولكن لم يتم عمله من الناحية الفعلية لأننا كبار جدا.

في النهاية، فإننا نستطيع أن نعمل تركيباً كيماوياً، يأتي كيميائي إلينا ويقول «أنا أريد جزيء بذرَّات مركَّبة هكذا، لذلك اعملوا لي هذا الجزيء» والكيميائي يعمل شيئاً غامضاً عندما يريد أن يعمل جزيء. إنه يرى أن للجزيء تلك الحلقة ولذلك فهو يمزج هذا وذاك ويهزّه ويتلاعب. وفي نهاية عملية صعبة فإنه عادة ينجح في تركيب ما يريد. وفي الوقت الذي تصبح فيه أدواتي فاعلة بحيث نستطيع أن نفعل ذلك بواسطة الفيزياء

سيكون قد عرف كيف يركب أي شيء بالكامل لذلك فإن هذا سيكون بلا فائدة حقا.

إلا أنه من الممتع من حيث المبدأ (في اعتقادي) أن يكون الفيزيائي قادراً على تركيب أي مادة كيماوية يكتبها الكيميائي. مجرَّد إعطاء الأوامر ويقوم الفيزيائي بتركيبها. كيف؟ ضع الذرَّات حيث يقول الكيميائي وأنت تصنع المادة.

إننا يمكن أن نساعد كثيراً في حل مشكلات الكيمياء والأحياء لو أننا طوَّرنا قدراتنا في رؤية ما يفعلون وعملنا الأشياء على مستوى الذرَّات وهو تطوير في اعتقادي لا يمكن تلافيه. والآن ربما تقول «من الذي يجب أن يفعل ذلك ولماذا سيفعله؟» حسناً لقد أبرزت بعضاً من التطبيقات الاقتصادية ولكني أعرف أن السبب الذي يدعو لذلك ربما من أجل المتعة. ولكن لم لا! ليكن هناك تنافس بين المختبرات. دع أحد المخابر يصنع محركاً صغيراً يرسله إلى مختبر آخر الذي يقوم بإرجاعه مع شيء يركب بداخل عمود الإدارة للمحرك الأول.

مسابقة المدارس الثانوية

بغرض المتعة ولكي نستقطب اهتمام الطلاب في هذا المجال، أقترح أن يقوم شخص له اتصالات بالمدارس الثانوية أن يفكر بعمل مسابقة فيها. ففي الأساس، لم نبدأ في هذا الميدان بعد، والطلاب يستطيعون أن يكتبوا بحروف صغيرة

جداً. يمكن لثانوية لوس أنجلوس أن تُرسل دبوساً إلى ثانوية فينس تقول فيه «كيف هذا؟» ثم يرجعوا الدبوس وفي نقطة «أ» يقولوا «غير ساخن جدا».

ربما لن يكون هذا مثيراً يشجِّع على العمل، والاقتصاديون هم الذين سيفعلون ذلك. بعدئذ أريد أن أصنع شيئاً ولكن لا أستطيع أن أفعله الآن لأنني لم أحضر الأرضية لذلك. إني أعتزم أن أقدِّم جائزة قدرها ألف دولار لأول شخص يستطيع أن يأخذ المعلومات من صفحة كتاب ويضعها على مساحة 1/25000 أصغر بحيز طولي بطريقة يمكن قراءتها بمجهر إلكتروني كما أريد أن أقدِّم جائزة أخرى ـ إذا استطعت أن أضع الأمر في صيغة بحيث لا أقع في مأزق جدلي حول التعاريف ـ بمبلغ ألف دولار أخرى لأول شخص يصنع محرِّك كهربائي عامل ـ محرِّك كهربائي دوَّار يمكن التحكُّم به من الخارج ويكون بدون عدد الأسلاك فيه بحجم 1/64 بوصة مكعَّبة. ولا أرى أن الانتظار سيطول حتى يأتي من يُطالب بالجائزة.

وفي النهاية كان على فينمان أن يفي بوعده في التحديين. وفيما يلي لمحة موجزة لفينمان والحساب كتبها أنتوني جيه. جي. هـ. بيرسيوس ريدينج إم. إي. 1998 التي أُعيد طبعها بالموافقة.

لقد دفع الجائزتين ـ الأولى بعد أقل من سنة إلى بيل

ماكليلان، وهو خرِّيج جامعة كالتيك الذي عمل محركاً مصغَّراً كان يفي بالمواصفات ولكنه كان يمثل إلى درجة خيبة أمل لفينمان من حيث أنه لم يتطلَّب تقدماً فنياً جديداً. وقدَّم فينمان نسخة محدثة من حديثه في عام 1983 إلى مختبر جيت بروباليشن. وقد تنبَّأ «إننا بتقنية عصرنا الحالي يمكننا بسهولة... أن نبني محركات تساوي 40/1 من حيث الحجم في كل مقاس وأصغر بمقدار 64.000 من محرِّك مكليلان ويمكن أن نصنع آلاف منه في كل مرة».

وبعد ذلك بست وعشرين سنة كان يجب عليه أن يدفع الجائزة الثانية ولكن هذه المرة لخريج من ستانفورد يدعى توم نيومان. كان مقياس تحدي فينمان يساوي كتابة 24 مجلداً من الموسوعة البريطانية على رأس دبوس. وقد حسب نيومان أن كل حرف منفرد يجب أن يكون فقط بعرض خمسين ذرَّة». وباستعمال الطباعة على الحجر بواسطة الإشعاع الإلكتروني أثناء وجود مُشرفة خارج المدينة يمكن في النهاية من كتابة الصفحة الأولى من قصة تشارلز ديكنز «قصة مدينتين» بتصغير المقياس 25000/1. وغالباً ما تُسند إلى ورقة فينمان ميزة البدء في ميدان تقنية التصغير وهناك حالياً مسابقات لنيل جائزة فينمان للتصغير.

6

قيمة العلم

إن أكبر قيمة ـ من بين قيمه الكثيرة ـ هي حرية الشك

في هاواي يتعلم فينمان درساً في التواضع أثناء تجواله في معبد بوذي: «يُمنح كل إنسان مفتاح بوابة الجنة إلاَّ أن المفتاح ذاته يفتح أبواب جهنم» وهذه من أفصح العبارات التي قالها فينمان وأكثرها بلاغة وهي تعكس علاقة العلم بالتجربة الإنسانية والعكس بالعكس. كما أنه يُعطي درسا لزملائه العلماء حول مسئوليتهم إزاء مستقبل الحضارة.

يقول لي الناس، بين الحين والآخر، أنه ينبغي على العلماء أن يولوا أهمية أكبر للمشكلات الاجتماعية ـ فيجب على

وجه الخصوص أن يتحملوا مسئولية أكبر في النظر في تأثير العلم على المجتمع. وهذا الاقتراح بحد ذاته يجب أن يُطرح على علماء آخرين كثيرين ويبدو أن الاعتقاد السائد عموماً أنه لو نظر العلماء إلى هذه المُشكلات الاجتماعية الصعبة جداً فقط ولم يقضوا وقتاً كبيراً في المسائل العلمية الأقل أهمية فإن هذا سيؤدي بالتأكيد إلى نجاح كبير.

ويبدو لي أننا نفكِّر في هذه المُشكلات من حين لآخر، ولكننا في الواقع لا نكرِّس لها وقتاً وجهداً كاملاً، والسبب هو أنه لا يوجد لدينا خلطة سحرية لحل المشكلات وأن المشكلات الاجتماعية أصعب بكثير من المشكلات العلمية ولأننا عندما نفكِّر بها فنحن لا نصل إلى نتيجة.

إنني أعتقد أن العالِم الذي ينظر في مشكلات غير علمية هو شخص أصم ـ وأنه عندما يتحدث عن مسألة غير علمية فإنه يبدو ساذجاً كأي شخص غير متدرِّب على المسألة. وبما أن مسألة قيمة العلم ليس موضوعاً علمياً فإن هذا النقاش مكرَّس لإثبات وجهة نظري مدعمة بالأمثلة.

والطريقة الأولى التي يكون فيها العلم ذو قيمة مألوفة لكل إنسان، وهي أن المعرفة العلمية تمكِّننا من عمل كل أنواع الأشياء وأن نصنع كل أنواع الأشياء. وبالطبع، فإننا إذا عملنا أشياء جيِّدة فإن هذا لا يكون فقط في ميزان العلم، بل إنه أيضاً

في ميزان الاختيار الأخلاقي الذي قادنا إلى العمل الجيد. والمعرفة العلمية هي القوة التي تمكِّننا إما من عمل شيء جيد أو سيء ـ ولكنها لا تنطوي على تعليمات حول كيفية استعمال هذه القوة.

مثل تلك القوة لها قيمة واضحة على الرغم من احتمال نفي القوة بما يفعله الشخص.

لقد تعلَّمت طريقة للتعبير عن هذه المشكلة الإنسانية العامة أثناء رحلة لي إلى هونولولو. ففي معبد بوذي هناك، شرح الشخص المسئول للسياح قليلاً عن الديانة البوذية وأنهى حديثه بقوله أن لديه شيئاً يقوله لهم ويجب أن لا ينسوه. وأنا لم أنساه وكان قولاً في الديانة البوذية: «يُمنح كل إنسان مفتاح بوَّابة الجنَّة إلاَّ أن المفتاح ذاته يفتح أبواب جهنَّم» فما هي إذن قيمة المفتاح إلى الجنَّة؟ صحيح أننا نفتقر إلى تعليمات واضحة تقرِّر أي الابواب هو باب الجنَّة وأيُّها باب جهنَّم. وقد يكون المفتاح شيئاً خطير الاستعمال ولكن من الواضح أن له قيمة. فكيف نستطيع أن ندخل الجنَّة بدونه؟

كذلك فإنه لن يكون هناك أي قيمة للتعليمات بدون وجود المفتاح. لذلك من الواضح أنه على الرغم من حقيقة أن العلم يمكن أن يجلب رعباً هائلاً إلى العالم إلا أنه ذو قيمة لأنه يمكن أن ينتج شيئا ما.

هناك قيمة أخرى للعلم هي المتعة المسمَّاة المتعة الفكرية التي يحصل عليها الناس من القراءة والتعلّم والتفكير به والتي يحصل عليها الآخرون من العمل به. وهذه نقطة حقيقية وهامة ولكنها لا تُعطى اهتماماً كافياً من قِبَل أولئك الذين يقولون لنا إن مسئوليتنا الاجتماعية هي أن ننظر في تأثير العلم على المجتمع.

فهل هذه مجرَّد مُتعة شخصية ذات قيمة بالنسبة للمجتمع ككل؟ لا. لكنها أيضاً مسئولية النظر في قيمة المجتمع نفسه. وهل هي في التحليل النهائي ترتيب الأشياء بحيث يستطيع الناس أن يستمتعوا بها؟ وإن كان الأمر كذلك فإن الاستمتاع بالعلم لا يقلّ أهمية عن أي شيء آخر.

ولكني لا أريد أن أقلِّل من قيمة النظرة العالمية التي هي نتاج الجهد العلمي. لقد سرنا لنتصور جميع أنواع الأشياء بلا حدود، بطريقة أكثر روعة من تخيُّلات الشعراء والذين كانوا يحلمون في الماضي. وظهر أن خيال الطبيعة أخصب بكثير من خيال الإنسان. مثلاً كم يكون الأمر مدهشاً أكثر بالنسبة لنا جميعاً ـ نصفنا مقلوبين ـ أليس من الأفضل ـ لنا أن نكون محدودين بجاذبية غامضة إلى كرة تدور في الفضاء لمليارات السنين من أن نكون محمولين على ظهر فيل مُدعم بسلحفاة تسبح في بحر لا قرار له.

لقد فكَّرت وحيداً في هذه الأشياء مرات كثيرة وآمل أن

تعذروني لو أني ذكّرتكم ببعض الأفكار التي أنا واثق أنها لا بد وأن خطرت ببالكم ـ أو هذا النوع من الأفكار ـ التي لم تخطر ببال أحد في الماضي لأن الناس حينئذ لم تكن لديهم المعلومات المتوفرة لدينا هذه الأيام.

مثلا أقف على شاطئ البحر وحيداً وأبدأ في التفكير. هناك أمواج متلاطمة جبال من الجزئيات، وكل واحدة تقوم بعملها بغباء، بلايين متجزئة ولكنها تشكل زبداً أبيضاً معاً.

عصور تلي عصور... قبل أن تراها عيناي... وعاماً بعد عام ترتطم بالشاطئ بعنف كما تفعل الآن. لمن ولماذا؟... على نجم ميت دون حياة تعيشها.

لا ترتاح أبداً... معذَّبة بالطاقة... تهدرها الشمس بشكل مذهل... وتصب في الفضاء. شيء صغير جداً يجعل البحر يزمجر.

وفي أعماق البحر فإن جميع الجزئيات تكرر نمط ذاتها إلى أن تتكون أنواعاً معقَّدة جديدة. إنها تصنع الذرَّات الأخرى مثل ذاتها تماماً... وتبدأ رقصة جديدة. تنمو من حيث الحجم والتعقيد... أشياء حيَّة، كتل من الذرَّات، DNA بروتين يرقص في نمط أكثر تعقيداً.

ومن المهد على الأرض اليابسة... تقف هنا... ذرَّات بلا وعي... مادة بصفات غريبة.

أقف عند البحر. . . أتعجَّب من التعجُّب. . . أنا. . . عالم من الذرَّات. . . ذرَّة في الكون.

المغامرات الكبرى

الرهبة ذاتها والخوف والغموض ذاته يعاودنا مرَّات ومرَّات عندما ننظر في أي مشكلة بعمق كاف. ومع تعمُّق المعرفة يطل غموض عجيب ليتعمق أكثر. وبصرف النظر عن أن الجواب قد يظهر مخيباً للآمال. ولكن بالبهجة والثقة تقلب كل حجر جديد لنجد غرابة تفوق الخيال تقود إلى أسئلة أكثر غرابة وغموضاً تلك مغامرة كبيرة بالتأكيد.

صحيح أن قلَّة من الناس غير العلميين يواجهون هذا النوع من التجربة. وشعراؤنا لا يكتبون عنها وفنانونا لا يحاولون أن يجرِّبوا تصوير هذا الشيء الملحوظ ولست أدري ما سبب ذلك. ألا يوجد أحد مُلهم بصورة العالم في الوقت الحاضر؟ وقيمة العلم تبقى دون أن يغنيها مغني.

لذلك أنت تتحجَّم بالسماع فقط ـ ليس لأغنية أو قصيدة بل إلى محاضرة مسائية عنه. فهذا ليس عصر علوم بعد.

ربما يكون أحد الأسباب هو أن عليك أن تتعلم كيف تقرأ الموسيقى. مثلا، تقول المقالة العلمية، ربما شيئاً من هذا القبيل «إن محتوى الفوسفور المشعّ لمخ الفأر يقل الى النصف في فترة أسبوعين» والآن، ماذا يعني هذا؟

هذا يعني أن الفوسفور الموجود في مخ الفأر (وفي مخي ومخك) ليس هو ذاته الذي كان منذ أسبوعين ولكن كل الذرَّات الموجودة في الدماغ يتم استبدالها وإن التي كانت من قبل قد تلاشت. لذلك ما هذا الدماغ وما هي هذه الذرَّات في الوعي؟ هل هي البطاطا في الأسبوع الماضي! هذا الذي يستطيع أن يتذكر ما كان يدور بخاطري منذ سنة مضت، عقل تم استبداله منذ عهد طويل.

هذا ما يعنيه عندما يكتشف الإنسان المدة التي تحتاجها الذرَّات في الدماغ للاستبدال بذرَّات أخرى وأن الشيء الذي أُسميه أنا شخصيتي الانفرادية إنما هو مجرَّد نمط أو رقصة. تأتي الذرَّات إلى دماغي وترقص رقصة ثم تذهب. دائماً ذرَّات جديدة ولكنها دائماً تؤدي نفس الرقصة وتتذكر رقصة الأمس.

الفكرة البارزة

عندما نقرأ في صحيفة خبراً يقول: «يقول العلم إن هذا الاكتشاف قد يكون ذا أهمية في علاج السرطان» فالصحيفة مهتمة فقط في استعمال الفكرة وليس الفكرة ذاتها. ومن الصعب على أي شخص أن يفهم أهمية فكرة ما، إنها بارزة جداً. باستثناء الأطفال الذين يُحتمل أن يدركوها. وعندما يُدرك الطفل فكرة كهذه يكون لدينا عالم. هذه الأفكار ترسخ (على الرغم من كل الحديث القائل بأن التلفزيون يحل محل التفكير)

وكثير من الأطفال يأخذوا الروح وعندما يحصلون على الروح يكون لديك عالم. وقد يكون قد فات الأوان عليهم أن يأخذوا روح الخبر عندما يكونوا في الجامعات، لذلك يجب أن نحاول أن نشرح هذه الأفكار للأطفال.

وأود الآن التحوُّل إلى قيمة ثالثة من قيم العلم، وهي غير مباشرة ولكن ليس كثيراً. إن للعالم تجارب كثيرة بالجهل والشك والريبة وهذه التجربة ذات أهمية كبيرة جداً في اعتقادي. فعندما لا يعرف عالم جواب مشكلة ما فهو جاهل، وعندما يكون لديه حدس بالنتيجة فهو غير واثق، وعندما يكون لديه عدم ثقة مطلقة بما ستكون عليه النتيجة فهو في شك من أمره. وقد وجدنا أنه من الأهمية المكافئة من أجل أن نتقدم، فإنه يجب أن نعرف الجهل ونترك مجالاً للشك. والمعرفة العلمية هي جسم من الأخبار ذات درجات متفاوتة من الموثوقية بعضها غير أكيد على الإطلاق وبعضها أكيد تقريباً وغير أكيد بالكامل»

ونحن العلماء معتادون الآن على ذلك ونعتبر الأمر من الأمور المسلَّم بها وهو أن نكون غير واثقين أمر عادي ـ أي أنه من الممكن أن تعيش ولا تعرف. ولكنني لا أدري فيما إذا كان كل شخص يُدرك أن هذا صحيحاً. وحريتنا في الشك وُلدت من الصراع ضد السلطة في الأيام الأولى للعلم. فقد كان صراعاً عميقاً وقوياً. اسمحوا لنا أن نسأل، أن نشك، هذا كل ما في الأمر ـ لا أن نكون واثقين. وأعتقد أنه من الضروري أن

لا ننسى أهمية هذا الصراع وربما نخسر بذلك ما كسبناه، وهنا تكمن المسئولية تجاه المجتمع.

يُحزننا جميعاً عندما نفكِّر في الإمكانيات الهائلة التي يمتلكها الإنسان مقارنة بانجازاته البسيطة. ومراراً وتكراراً اعتقد الناس بإمكاننا أن نفعل أفضل من ذلك، فقد رأوا في الماضي، في ظل كوابيس عصرهم، حلماً للمستقبل. ونحن كجزء من مستقبلهم نرى أن أحلامهم، التي تمَّ التفوُّق عليها في نواحي معينة، بقيت في كثير من جوانبها أحلاماً. فآمال المستقبل (في وقتنا الحاضر) هي أحلام الأمس في القسم الكبير منها.

التعليم للخير والشر

تتبادر لي أحيانا فكرة أن سبب عدم تطوير قدرات الناس هو أن غالبيتهم كانوا جُهلاء. فمع عالمية التعليم هل بمقدور الرجال جميعاً أن يكونوا فولتير؟ فالشيء السيء يمكن أن يُعلَّم بنفس الكفاءة كالشيء الجيِّد. والتعليم قوة كبيرة ولكن إما للخير أو للشر.

إن الاتصالات بين الشعوب يجب أن تعزِّز الفهم. وبهذا ضاع حلم آخر، ولكن آلات الاتصالات يمكن أن تُفتح أو تُغلق. وما يمكن تبليغه قد يكون حقيقة أو كذباً. فالاتصالات قوة كبيرة أيضاً ولكن إما أن تكون للخير أو للشر.

إن العلوم التطبيقية ينبغي أن تُحرِّر الناس من المشكلات

المادية على الأقل، فالطب يتحكَّم بالأمراض والسجلات، وهنا يبدو أن كل شيء يسير بشكل جيِّد، ومع ذلك فإن هناك أناساً يعملون بصبر لخلق أمراض وسموم كبيرة وستستعمل في الحروب غدا.

تقريباً، كل شخص يكره الحرب. وحلمنا هذه الأيام هو السلام. ففي السلام يستطيع الإنسان أن يطوِّر الإمكانيات الهائلة التي يبدو أنه يمتلكها. ولكن ربما يجد رجال المستقبل أن السلام يمكن أن يكون جيداً أو سيئاً فربما يشرب الناس الذين يشعرون بالسلام المشروبات من واقع الملل. وبعدئذ ربما يصبح المشروب المشكلة الكبرى التي تُبعد الإنسان للحصول على كل ما يعتقد أنه يجب أن يفعله من واقع قدراته.

من الواضح أن السلام قوة كبيرة ـ كالرزانة ـ كالقوة المادية والاتصالات والتعليم والإخلاص والمُثُل العليا لكثير من الحالمين.

إن لدينا عوامل كثيرة مثل هذه لنضبطها أكثر من القدماء. وربما أن أداءنا أفضل مما استطاع غالبيتهم أن يفعلوه. لكن ما ينبغي أن نكون قادرين على عمله يبدو عملاقاً مقارنة بانجازاتنا المرتبكة، فلماذا هذا؟ لماذا لا نستطيع أن ننتصر على أنفسنا؟

لأننا نجد أنه حتى القوى الكبرى والقدرات لا تحمل معها تعليمات واضحة حول كيفية استعمالها. ومثال ذلك، التراكم

الكبير للفهم حول كيفية عمل العالم الطبيعي. يقنع الإنسان بأن هذا السلوك يبدو أنه ينطوي على معنى فارغ. فالعلوم لا تعلِّم الجيِّد والسيء مباشرة.

وقد حاول الإنسان عبر كل العصور أن يسبر معنى الحياة. وقد أدرك أنه إن أمكن إعطاء اتجاه أو معنى لأعمالنا فإن قوى بشرية كبرى ستتحرَّر. لذلك لا بد وأن يكون هناك إجابات عديدة لمعنى هذا كله. ولكنها كلها ذات أنواع مختلفة ومؤيدو الجواب لا ينظرون برعب إلى أفعال المعتقدين بجواب آخر، رعب لأنه من وجهة نظر المعارضة فإن كل الإمكانيات الهائلة لهذا الجنس كانت موجَّهة في تحالف زائف أعمى ومقيَّد. وفي الواقع فإن تاريخ البشاعات الهائلة التي خلقها الاعتقاد الزائف أدرك الفلاسفة القدرات اللامحدودة والعجيبة للبشر، فالحلم هو أن تجد القناة المفتوحة.

إذن ما معنى هذا كله؟ ماذا عسانا أن نقول لنحل لغز الوجود؟.

لو وضعنا كل شيء في الحسبان، ليس فقط ما عرفه القدماء، بل كل ما نعرفه حالياً بأنهم لم يعرفوه فإننا يجب أن نعترف صراحة بأننا لا نعرف شيئاً.

ولكن بإقرارنا لهذا، ربما نكون قد عثرنا على القناة المفتوحة.

وهذه ليست فكرة جديدة إنها فكرة عصر العقل. وهذه هي الفلسفة التي قادت الناس الذين صنعوا الديمقراطية التي نعيش في ظلها، وفكرة أنه لا أحد يعرف كيف تسير الحكومة التي قادت إلى فكرة وجوب ترتيب نظام يمكن بواسطته تطوير أفكار جديدة وتجربتها وطرحها وجلب أفكار جديدة أخرى، نظام تجربة وخطأ. كانت هذه الطريقة نتيجة حقيقة أن العلم يُبرهن على أنه تجربة ناجحة في نهاية القرن الثامن عشر. وحتى في ذلك الحين، كان من الواضح للمتفتِّحين اجتماعياً أن انفتاح الإمكانيات كان فرصة وأن الشك والحوار كان ضرورياً للتقدم في عالم المجهول. فإذا أردنا أن نحلَّ مشكلة لم تُحل من قبل فإننا يجب أن نترك الباب مفتوحاً على مصراعيه للمجهول.

مسئوليتنا كعلماء

إننا في بداية زمن السباق البشري. ومن غير المعقول أن لا نعالج المشكلات. فهناك عشرات آلاف السنين في المستقبل. ومسئوليتنا هي أن نفعل ما نستطيع ونتعلم ما نستطيع ونُحسن الحلول ونمررها. إن مسئوليتنا هي أن نترك لرجال المستقبل حرية التصرُّف. ففي الشباب المتقد للبشرية يمكن أن نرتكب أخطاء فاحشة يمكن أن تُعيق نموَّنا لمدة طويلة. ونحن نفعل ذلك إن قلنا أن لدينا الأجوبة الآن، شباباً كنا أم جهلة. ولو كتبنا كل أنواع الحوار وكل النقد وقلنا «هذا هو أيها الشباب

لقد أنقذنا الإنسان!» وبهذا نحكم على الانسان لمدة طويلة أن يُقيَّد بقيود السلطة ونحصر في حدود خيالنا الحالي. وقد حصل هذا عدة مرات من قبل.

إن مسئوليتنا كعلماء، ونحن نعلم التقدُّم الهائل والقيمة الكبرى لفلسفة مقنعة من الجهل، التقدم الكبير الذي هو ثمرة حرية الفكر، أن نعلن قيمة هذه الحرية وأن نعلم أنه لا ينبغي أن نخشى من الشك بل يجب أن نرحِّب به ونناقشه وأن نُطالب بهذه الحرية كواجبنا تجاه أجيالنا القادمة.

7

تقرير ريتشارد بي فينمان

حول التحقيق في فشل مكوك الفضاء «تشالنجر»

لقي ستة علماء فضاء ومعلمة مدرسة حتفهم عندما انفجر مكوك الفضاء «تشالنجر» بعد إطلاقه بفترة وجيزة في 28 كانون الثاني عام 1986. شعر الشعب بالكارثة واهتزَّت ثقة ناسا بنفسها ـ تلك الثقة التي بُنيت نتيجة سنوات من رحلات الفضاء الناجحة أو غير المميتة على الأقل. وقد تم تشكيل لجنة برئاسة وزير الدولة وليام روجرز مكوَّنة من سياسيين وعلماء فضاء ورجال من الجيش وعالم واحد للبحث في سبب الحادث ولتقديم توصيات للحيلولة دون حصول مثل هذه الكارثة مرة أخرى. وحقيقة أن ريتشارد فينمان كان ذلك العالم الوحيد ربماالذي أوجد الفرق بين إجابة السؤال حول سبب فشل تشالنجر وبقائه

سراً غامضاً أبدياً. لقد كان فينمان أكثر شجاعة من غالبية الرجال ولا يخشى أن يقول الحقيقة في كافة أنحاء البلد ويتحدث إلى الناس وإلى المهندسين الذين أدركوا حقيقة أن الدعاية تطغى على الحذر والسلامة في برنامج المكوك. وتقريره الذي رأته اللجنة مُحرجاً لناسا كان قد طُمس تقريباً من اللجنة ولكن فينمان حارب من أجله. وقد خفضت مرتبة التقرير إلى ملحق. وعندما عقدت اللجنة مؤتمراً صحفياً حياً للإجابة على الأسئلة قام فينمان بإجراء أشهر تجربة له لطوق المكوك أو حلقات 5 وكأس من ماء مثلج. وقد أثبت بشكل مُذهل أن الأطواق الرئيسية قد فشلت لأن تحذير المهندسين بأن الجو كان بارداً في الخارج ولا يُمكن المضي قدماً في إطلاق المكوك لم يؤخذ به من قبل المدراء المتلهفين للحصول على إعجاب رؤسائهم لدقة برنامجهم، وفيما يلي ذلك التقرير التاريخي.

مقدمة

يبدو أن هناك خلافات كبيرة في الرأي لاحتمال الفشل بخسارة العربة وحياة البشر. وتتراوح التقديرات من 1 بالمئة إلى 1 في المئة ألف. والأرقام العليا تأتي من المهندسين العاملين والأرقام المتدنية جداً من الإدارة. ما هي أسباب ونتائج عدم الاتفاق؟ حيث أن جزءاً واحداً من 100.000 يعني أن الإنسان يستطيع أن يُطلق مكوكاً كل يوم لمدة 300 سنة ويتوقع أن يخسر

واحداً فقط، بإمكاننا أن نسأل «ما هو سبب ثقة الإدارة الخيالية في هذه العربة؟.

كما وجدنا أن معايير المصادقة المستعملة في مراجعة جاهزية الطيران غالباً ما تُعطي صرامة تتناقص تدريجيا. والقول بأن الطيران سابقاً بنفس المخاطرة دون فشل غالباً ما يُقبل لتدعيم سلامة هذه المُخاطرة مرة ثانية دون محاولة جادة أحياناً لمعالجة هذا الخطر أو لتأخير الإنطلاق نتيجة استمرار وجود الخطر.

هناك عدة مصادر للمعلومات. وهناك معايير مصادقة صادرة بما في ذلك تاريخ التعديلات بشكل تنازلات أو انحرافات. وفضلاً عن ذلك فإن سجلاَّت مراجعة جاهزية الطيران لكل رحلة توثق النقاشات الداعية لقبول مخاطر الرحلة. وقد تمَّ الحصول على معلومات من الأقوال المباشرة وتقارير مسئول السلامة لويس جي. أوليان فيما يخص تاريخ نجاح الصواريخ الصلبة. وهناك دراسة أخرى له (كرئيس للجنة سلامة فشل الطيران) في محاولة لتحديد المخاطر المشمولة في الأحداث المحتملة التي تقود إلى تلوُّث إشعاعي جرَّاء محاولة إطلاق مصدر طاقة بلاتين لرحلات فضائية مستقبلية. كما تتوفر دراسة ناسا حول المسألة ذاتها. ومن أجل الحصول على تاريخ المحركات الرئيسية لمكوك الفضاء فقد تم إجراء مقابلات مع الإدارة والمهندسين في مارشال ومقابلات غير رسمية في وحدة

الصواريخ. كما أُجريت مقابلة غير رسمية مع مهندس ميكانيكي (كاليتك) كان مستشاراً لناسا حول المحركات. وقد قمنا بزيارة لجونسون لجمع المعلومات حول مصداقية إلكترونيات الطيران (الحواسيب، المجسَّات، المستجيبات). وأخيراً فإن هناك تقرير «مراجعة لممارسات المصادقة المطبَّقة على محركات الصواريخ المأهولة» المُعَد في مختبر جيت بروباليشن أعده إن. مور في شباط 1986 لناسا، مكتب رحلات الفضاء. وهو يبحث في الطرق المستعملة من قبل إف. إي. إي. والجيش للمصادقة على توربينات الغاز ومحركات الصواريخ وقد أُجريت مقابلات غير رسمية مع هؤلاء الكتَّاب.

صواريخ الوقود الصلبة (إس. آر. بي.)

قام مسئول سلامة الفضاء بتقدير مصداقية صواريخ الوقود الصلبة من خلال دراسة جميع تجارب رحلات الصواريخ السابقة. فمن بين إجمالي ما يقارب 2900 رحلة فشلت 121 رحلة (واحدة من كل 25). وهذا يشمل ما يمكن أن يسمى الأخطاء المبكرة، صواريخ أُطلقت للمرة الأولى وتم اكتشاف وتصحيح أخطاء في التصميم. وهناك رقم أكثر عقلانية للصواريخ الناضجة ربما يكون واحد في كل 50. ومع عناية خاصة في اختيار القطع والتفتيش يمكن تحقيق رقم واحد من كل 100 إلا أن واحداً من كل ألف ربما يكون غير قابل للتحقيق بتقنية هذه الأيام. (بما أن هناك صاروخان في المكوك فإن نسبة

فشل الصاروخ لا بد وأن تتضاعف للحصول على نسب فشل الصاروخ الصلب).

يقول مسئولو ناسا أن الرقم أقل من ذلك بكثير. فهم يوضِّحون إن هذه الأرقام لصواريخ غير مأهولة بالبشر، ولكن حيث أن المكوك عربة مأهولة «فإن احتمال نجاح المهمة بالضرورة قريب جداً من 1.0. وليس من الواضح ما الذي تعنيه هذه العبارة، فهل تعني أنه قريب من 1 أو من الضروري أن تكون 1؟ ويمضون في الشرح «تاريخياً، هذه الدرجة العالية جداً من نجاح الرحلات نشأ عنها اختلاف في الفلسفة بين برامج طيران رحلات الفضاء المأهولة والبرامج غير المأهولة أي استعمال الاحتمال الرقمي مقابل الحكم الهندسي» هذه المقتبسات من «بيانات مكوك الفضاء لتحليل سلامة الرحلات إلى الكواكب» الصفحات 3 ـ 1، 3 ـ 2، 15 شباط 1985، ناسا جي. إس. سي.) صحيح إن كان احتمال الفشل متدنياً لدرجة واحد في المئة ألف فإن رقماً مغالى فيه من الاختبارات يلزم لتقرير ذلك (لأنك لن تحصل على شيء سوى سلسلة من الرحلات التامة التي لا تحصل منها على رقم دقيق باستثناء أن الاحتمال هو ربما أقل من عدد تلك الرحلات) ولكن إن كان الاحتمال الحقيقي غير ضئيل جداً فإن ارتباكاً سيظهر في الرحلات قريباً من الفشل وربما فشل فعلي بتقدير معقول. وفي الحقيقة فإن تجربة ناسا السابقة قد بيَّنت أحياناً مثل تلك

الصعوبات القريبة من الحوادث، وكلها تحذِّر من أن احتمال فشل الرحلة لم يكن ضئيلاً بتلك الدرجة. إن عدم تساوي الجدل في عدم تحديد الموثوقية من خلال التجربة التاريخية، كما فعل مسئول سلامة الفضاء، هي أن ناسا تعود إلى التاريخ وتبدأ بقولها «تاريخياً هذه الدرجة العالية من نجاح الرحلات...» وأخيراً، إذا كان لنا أن نستبدل استعمال الاحتمال الرقمي كمقياس بالحكم الهندسي، فلماذا نجد هذا الفرق الهائل بين تقديرات الإدارة وحكم المهندسين؟ وسيتبيَّن أياً كان الغرض سواء أكان للاستهلاك المحلي أو الخارجي وأن إدارة ناسا تُبالغ في موثوقية إنتاجها لدرجة الخيال.

إن تاريخ المصادقة ومراجعات جاهزية الطيران لن يتكرَّر هنا (انظر الأجزاء الأخرى من تقارير اللجنة). إن ظاهرة قبول ختم الطيران التي أثبتت تآكلاً وخللاً في الرحلات السابقة واضحة جداً، ورحلة تشالنجر خير مثال على ذلك. فهناك إشارات عديدة لرحلات سبقت ذلك. إن قبول ونجاح تلك الرحلات يؤخذ على أنه دليل على السلامة. إلا أن التآكل والخلل غير متوقع من التصميم وهي تحذيرات خاطئة أحياناً فالمعدات لا تعمل كما هو متوقع ولذلك فإن هناك خطراً من أنها قد تعمل لكن مع انحرافات أكبر بهذه الطريقة غير المتوقَّعة وغير المفهومة. وحقيقة أن هذا الخطر لم يؤدي إلى كارثة في السابق لا يُعتبر ضماناً أنها لن تتكرر مرة ثانية مالم يُفهم

بالكامل. فعند لعب الروليت الروسية نجد أن الضربة الأولى مرت بسلام هو بمثابة تعزية للضربة التي تليها. فمصدر ونتائج التآكل والخلل لم تكن مفهومة. لأنها لم تحصل بالتساوي في جميع الرحلات والوصلات، أحيانا أكثر وأحياناً أقل. لماذا ليس أحياناً، عندما تتقرر الظروف أياً كانت بأنها صحيحة ولكنها أيضا تقود الى كارثة؟

وعلى الرغم من هذه المفارقات من حالة لأخرى، فقد تصرَّف المسؤلون كما لو أنهم يفهمونها وكانوا يقدمون تفسيراً منطقياً لبعضهم الآخر يعتمد غالباً على «نجاح» الرحلات السابقة. فمثلاً في تقرير إن. كانت الرحلة 51 ـ إل. آمنة للطيران في ظل وجود تآكل الحلقة في رحلة 51 ـ ج لوحظ أن عمق التآكل كان فقط ثلث نصف القطر. وقد لوحظ في تجربة قص الحلقة أن قصها بعمق نصف قطر كان ضرورياً قبل فشل الحلقة. وبدلاً من الاهتمام من أن التباين في الظروف المفهومة بشكل سيء قد يخلق تآكلا أعمق هذه المرة، فقد تم التأكيد على وجود «عنصر سلامة من ثلاث». وهذا استعمال غريب لمصطلح المهندس «عنصر السلامة» فإذا كان هناك جسراً مبنياً لتحمل حمل معين دون أن يؤدِّي إلى انهيار الدعامات والتشقُّق والانهيار فربما يكون مصمماً من مواد تُستعمل لتحمل فعلياً ثلاثة أضعاف الحمل. إن «عنصر السلامة» هذا سوف يسمح بأحمال زائدة أو أحمال زائدة غير معروفة أو ضعف في

المواد التي قد يكون فيها عيوب غير متوقعة. والآن إذا جاء الحمل المتوقَّع على الجسر وظهر تشقُّق في الدعامة فإن هذا يُعتبر فشل في التصميم. إذ لم يكن هناك عنصر سلامة أبداً حتى وإن لم ينهار الجسر فعلياً، لأن التشقُّق أصاب فقط ثلث الطريق خلال الدعامة. إن حلقات أو أطواق 5 لمقويات الصاروخ الصلبة لم تصمم كي تتآكل. والتآكل كان إيماءة لوجود شيء خطأ، والتآكل لم يكن شيئاً يمكن أن تخمِّن منه السلامة.

بدون فهم كامل، لم يكن هناك أي طريقة يستطيع الإنسان أن يثق من خلالها أن الاحوال في المرة القادمة لن تؤدي إلى تآكل أشد بثلاثة أضعاف المرة السابقة. ومع ذلك فإن المسئولين يستغبون أنفسهم بالاعتقاد بأن لديهم مثل هذا الفهم والثقة على الرغم من التباين الغريب من حالة لأخرى. وقد أُجري نموذج رياضي لحساب التآكل وكان نموذجاً غير قائم على الفهم الفيزيائي بل على مطابقة المنحى التجريبي وبتفصيل أكثر افترضنا أن بخاراً من الغاز الحار كان يقطر على مادة حلقة 5 وأنه تم تحديد الحرارة عند نقطة الركود (حتى الآن بقواعد حركة حرارية معقولة). ولكن لتحديد مقدار المطاط الذي تآكل افترضنا أن هذا يعتمد فقط على هذه الحرارة بمعادلة مفترضة من بيانات على مادة مماثلة. وقد بيَّنت نقطة لوغاريتمية خطاً مستقيماً لذلك افتُرض أن التآكل كان متبايناً حسب 0.58 من قوة

الحرارة وتم تحيد 0.58 بأقرب شيء مناسب. إلا إنه وبتعديل أرقام أخرى تحدَّد أن النموذج كان متفقاً مع التآكل (بعمق ثلث نصف قطر الحلقة). ولا خطأ هناك بالاعتقاد بالجواب! فالشك ظاهر في كل مكان. ولم يكن ممكناً أن نتنبَّأ بقوة تيار الغاز إذ أنه كان يعتمد على الثقوب المتكوِّنة في المعجون. وقد بيَّن الخَلَل أن الحلقة قد تفشل على الرغم من عدم تآكلها أو تآكلها جزئياً. من المعروف أن المعادلة التجريبية لم تكن أكيدة لأنها لم تكن تسير في نقاط البيانات مباشرة بذاتها التي حددت فيها. كان هناك كثير من النقاط أعلى بمرتين وأدنى بمرتين من المنحنى لذلك فإن التآكل المتوقع مرتين كان من المعقول أنه ناجم عن ذلك السبب كما أن هناك شكوكاً مماثلة كانت تُحيط بالنقاط الثابتة في المعادلة. وعند استعمال نموذج رياضي لا بد من بذل اهتمام حذر بالشكوك في النموذج.

محرك الوقود السائل (SSME)

أثناء رحلة 51 ـ إل. عملت المحركات الرئيسية الثلاثة لمكوك الفضاء بشكل جيد حتى في اللحظة الأخيرة التي بدأ فيها إغلاق المحركات مع بدء فشل التزويد بالوقود. والسؤال الذي يبرز هو فيما إذا تعطَّل ذلك، وكان علينا أن نبحث في ذلك بالتفصيل كما فعلنا في مقوِّي الصاروخ الصلب فوجدنا نقصاً مماثلاً في الاهتمام بالأخطاء ونقصاً في المصداقية. وبمعنى آخر، هل كانت نقاط ضعف التنظيم التي ساهمت في

الحادث محصورة في قطاع مقوِّي الصاروخ الصلب أم كانت خصائص أكثر عمومية لناسا؟ ولهذه الغاية فقد تم التدقيق في المحركات الرئيسية لمكوك الفضاء والالكترونيات ولم يتم إجراء دراسة مماثلة للجهاز المداري أو الخزَّان الخارجي.

إن المحرِّك هو بُنية معقَّدة أكثر بكثير من مقوِّي الصاروخ الصلب ويحتوي على هندسة تفصيلية أكثر. وعلى العموم، فإنه يبدو أن الهندسة ذات جودة عالية ومن الواضح أن هناك عناية ملحوظة قد بذلت في العيوب والأخطاء التي وجدت في تشغيله.

والطريقة العادية التي يتم فيها تصميم هذه المحرِّكات (للطيران الحربي أو المدني) يمكن أن تُسمَّى نظام المكوِّنات أو التصميم من أسفل إلى أعلى. ومن الضروري أولاً أن نفهم بالكامل خصائص وحدود المواد التي تُستعمل (لشفرات التوربين مثلاً) ويتم البدء في الاختبارات في أجهزة تجريبية لتقرير ذلك. وانطلاقاً من هذه المعرفة فإن أجزاء المكونات الكبرى (مثال المحملات) يتم تصميمها واختبارها بشكل فردي. وعند ملاحظة العيوب وأخطاء التصميم يتم تصحيحها والتحقق منها بمزيد من الاختبار. وبما أن الشخص يختبر أجزاء فقط في كل مرة فإن هذه الاختبارات والتعديلات ليست مُكلفة. وأخيراً يعمل شخص حتى التصميم النهائي للمحرك بكامله وحسب المواصفات الضرورية. وهناك فرصة جيدة هذه المرة في نجاح

المحرِّك عموماً أو أن يتم بسهولة عزل وتحليل نقاط الفشل لأن أنماط الفشل وحدود المادة. . . . . . الخ، أصبحت مفهومة بشكل جيد. وهناك فرصة جيِّدة لأن تكون التعديلات على المحرك (للتغلُّب على الصعوبات النهائية) ليست صعبة لان معظم المشكلات الخطيرة قد تمَّ اكتشافها ومعالجتها في المراحل المبكرة الأقل تكلفة من العملية.

لقد تمَّت معالجة المحرِّك الرئيسي لمكوك الفضاء بطريقة مختلفة، يمكن أن نقول إنها من الأعلى إلى الأسفل. لقد تم تصميم المحرك وتجميعه مرة واحدة بتفصيل أوَّلي قليل نسبياً للمادة والمكونات. بعدئذ وعند اكتشاف مشكلات في المحملات وشفرات التوربين وأنابيب التبريد أصبح اكتشاف الأسباب وإجراء التغييرات أكثر كلفة وصعوبة. مثلاً تمَّ اكتشاف شقوق في شفرات التوربين لمضخة توربين الضغط العالي للأوكسجين. فهل هذا ناجم عن عيوب في المادة أو تأثير جو الأوكسجين على خصائص المادة أم الضغط الحراري للبدء والإغلاق، أم ذبذبة وضغط التشغيل الثابت أم عند رنين معين، بصفة رئيسية عند سرعات معينة؟ فكم هي مدة التشغيل الممكنة بدءاً من ظهور التشقُّق إلى فشل التشقُّق؟ وكيف يعتمد هذا على مستوى الطاقة؟ إن استعمال المحرك الكامل كحقل تجارب لحل مثل تلك المسائل مُكلِف للغاية. والإنسان لا يرغب في فقدان محرك بكامله من أجل أن يكتشف مكان وكيفية حصول العطل.

إلا أن المعرفة الدقيقة لهذه المعلومات ضروري لتكوين ثقة في مصداقية المحرِّك المستعمل. إذ لا يمكن الحصول على هذه الثقة بدون فهم تفصيلي.

من المساوئ الأخرى للطريقة من الأعلى إلى الأسفل هي أنه إذا فهمنا الخطأ فإن حلاً بسيطاً مثل شكل جديد لمكان التوربين قد يكون مستحيل التنفيذ بدون إعادة تصميم المحرك بكامله.

إن المحرك الرئيسي لمكوك الفضاء آلة بارزة جداً. ومعدَّل دفعه للوزن أكبر من أي محرِّك سابق. وهو قائم على حد أو خارج حد لتجربة هندسية سابقة. لذلك وكما هو متوقع، فقد ظهرت أنواع عديدة من العيوب والصعوبات. ولأنه لسوء الحظ، قد تم بناؤه بطريقة من الأعلى إلى الأسفل فإنه يصعب العثور عليها وإصلاحها. إن هدف التصميم وهو الحصول على عمر يساوي 55 طلقة للرحلات (27000 ثانية من التشغيل إما في رحلة 500 ثانية أو على أساس الاختبار) لم يتم تحقيقه. ويتطلَّب المحرك الآن صيانة متكرِّرة جداً واستبدالاً للقطع الضرورية مثل مضخَّات التوربين والحاملات والأغطية من الألواح المعدنية... الخ. كما إن مضخات الوقود التوربينية بحاجة إلى استبدال كل ثلاث أو أربع مهمات (على الرغم من أن هذا ربما يكون قد تم ترتيبه الآن) ومضخَّة التوربين للضغط العالي للأوكسجين كل خمس أو ست مهمات. وهذا في أقصى

حالاته يمثل عشرة بالمئة من المواصفات الأصلية. ولكن اهتمامنا الرئيسي هنا هو تقرير المصداقية.

في ما مجموعه حوالي 250.000 ثانية من التشغيل تعطَّل المحرك بشكل خطير حوالي 16 مرة. والهندسة تُولي اهتماماً كبيراً لهذه الأعطال وتحاول معالجتها بأقصى سرعة ممكنة. إذ تقوم بذلك بواسطة دراسات اختبار على معدات خاصة مصمَّمة تجريبياً للعطل موضع البحث بفحص دقيق للمحرك بحثاً عن إيماءات إرشادية (مثل الشقوق) وبدراسة وتحليل ملحوظين. وبهذه الطريقة، وعلى الرغم من الصعوبات المشمولة في التصميم من أعلى للأسفل، فإنه قد تم التغلُّب على كثير من المشكلات بالعمل الجاد.

فيما يلي قائمة بالمُشكلات وربما قد تم حل الكثير منها:

تشقُّق في شفرة التوربين في مضخة توربين الضغط العالي للوقود (ربما قد تكون حُلَّت).

تشقُّق في شفرة التوربين في مضخة توربين الضغط العالي للأوكسجين.

تمزُّق في خط مقوِّي مشعل الشرارة.

عطل في صمَّام التنظيف.

تآكل في حجرة خط مقوِّي مشعل الشرارة.

تشقُّق اللوح المعدني التوربيني لشفرة التوربين في مضخَّة توربين الضغط العالي للوقود.

عطل خطوط التبريد لشفرة التوربين في مضخَّة توربين الضغط العالي للوقود.

عطل في وصلة منفذ غرفة الاحتراق الرئيسية.

التواء في لحام الوصلة المؤدية إلى غرفة الاحتراق الرئيسية.

دوران غير متزامن لشفرة التوربين في مضخَّة توربين الضغط العالي للاوكسجين.

نظام القطع لسلامة تسريع الطيران (عطل جزئي في نظام الفائض).

تشظِّي الحاملات (محلول جزئياً).

ذبذبة عند 4000 هِرتز مما يجعل بعض المحركات غير عاملة.

إن الكثير من هذه المُشكلات المحلولة هي الصعوبات المبكرة لتصميم جديد لأن 13 منها حصلت في خلال الـ125.000 ثانية الأولى وثلاثة فقط في خلال 125.000 ثانية الثانية. ومن الطبيعي أن لا يكون الإنسان واثقاً من أن جميع المشكلات قد انتهت وأن بعضها قد تكون غير معالجة من حيث

السبب الرئيسي. لذلك فإنه من غير العقلاني أن نخمِّن أنه ربما يكون هناك مفاجأة واحدة على الأقل خلال الـ250000 ثانية الثانية وهو احتمال يساوي 1/ 50 لكل محرِّك لكل رحلة. وفي الرحلة هناك ثلاث محركات ولكن ربما يكون هناك بعض الحوادث تؤثر فقط على محرك واحد. والنظام يمكن أن يجهض بمحركين فقط. لذلك دعنا نقول إن المفاجأت غير المعروفة لا تسمح لنا بحد ذاتها أن نخمّن أن احتمال فشل الرحلة يعود إلى أن المحرِّك الرئيسي لمكوك الفضاء أقل من 1/ 500 كما يمكن أن نضيف لهذا فرصة العطل من مشكلات معروفة ولكنها غير محلولة بعد وسنناقشها فيما بعد (المهندسون في Rocket -dyne والشركة المصنّعة يقدِّرون إجمالي الاحتمال بأنه 1/ 10.000. والمهندسون في مارشال يقدِّرون بأنه 1/ 300. في حين أن إدارة ناسا التي يتبعها هؤلاء المهندسون تدَّعي أنها 1/ 100.000. ويعتقد مهندس مستقل مستشار لناسا أن 1 أو 2 في المئة هو تقدير معقول).

إن تاريخ مبادئ المصادقة لهذه المحركات مُربك وصعب التفسير. مبدئياً يبدو أن القاعدة كانت أن يعمل محركين نموذجين ضعفي الزمن، بدون عطل، لزمن تشغيل المحرِّك الذي يجب المصادقة عليه وهو (قاعدة 2 ×). على الأقل هذه هي الممارسة في FAA ويبدو أن ناسا قد تبنَّته متوقعة مبدئياً أن يكون زمن المصادقة 10 رحلات (وبالتالي 20 رحلة لكل عينة).

من الواضح أن أفضل محرِّك نستعمله بغرض المقارنة هو ذي المجموع الأكبر (طيران مضافاً إليه الاختبار) لزمن التشغيل والمسمَّى «رائد الأسطول» ولكن ماذا لو تعطَّلت عيِّنة ثالثة وعيِّنات أخرى عديدة في زمن قصير؟ بالتأكيد لن نكون آمنين لأنه كان هناك إثنان غير طبيعيين في استدامتهم طويلا. فالزمن القصير قد يمثِّل الاحتمالات الحقيقية أكثر ومن منطلق روح السلامة لاثنين فإننا ينبغي أن نشغل العينات قصيرة الأمد نصف الزمن.

ويمكن أن نرى الانتقال البطيء نحو عنصر السلامة المتناقص في أمثلة عديدة. فلنأخذ مثالاً على ذلك شفرات توربين مضخة الضغط العالي للوقود. أولاً وقبل كل شيء نجد أن فكرة اختبار المحرِّك بأكمله قد تمَّ التخلِّي عنه. ولكل محرك قطع مهمة عديدة (مثل مضخات التوربين نفسها) تستبدل على فترات متكررة، لذلك يجب أن تتحول القاعدة من المحركات إلى القطع. إننا نقبل مضخات توربين الضغط العالي للوقود كزمن مصادقة لو أنه تم تشغيل عينتين بنجاح لضعف الزمن (وبطبيعة الحال، وكناحية عملية، لم يعد هناك إصرار أن يكون هذا الزمن بمقدار 10 رحلات) ولكن ما هو «الناجح»؟ إن FAA تسمي تشقُّق شفرة التوربين عطلاً من أجل أن تقدم عمليا عامل سلامة حقيقي أكثر من 2 وهناك أوقاتاً يمكن أن يعمل المحرك خلال الزمن بين بدء الشرخ أولياً إلى أن يكبر بدرجة كبيرة.

(تفكر FAA بقوانين جديدة تضع في اعتبارها الزمن الإضافي للسلامة ولكن إن تم تحليله بدقة متناهية من خلال أنماط معروفة ضمن تجارب معروفة ومواد مختبرة بالكامل ولا شيء من هذه الشروط ينطبق على المحرِّك الرئيسي لمكوك الفضاء).

لقد عُثر على تشقُّقات في كثير من شفرات التوربين لمضخة التوربين للضغط العالي للوقود في المرحلة الثانية. وفي حالة واحدة، وبعد 1900 ثانية عُثر على ثلاثة في حين أنه في حالة أخرى وبعد 4200 ثانية وُجدت هذه التشقُّقات على الرغم أن هذا التشغيل الأطول عادة يُظهر تشقُّقات. ولمتابعة هذه القصة لأبعد من ذلك علينا أن نُدرك أن الضغط يعتمد إلى درجة كبيرة على مستوى الطاقة. كان يُفترض أن تكون رحلة تشالنجر وكافة الرحلات السابقة أيضاً، على مستوى طاقة يسمى 104٪ من معدل مستوى الطاقة أثناء معظم وقت تشغيل المحركات. وبالحكم من واقع بيانات بعض المواد فإنه يُفترض أن الزمن اللازم للتشقُّق عند مستوى 104٪ من معدل الطاقة هو حوالي الضعف مما هو عليه عند مستوى 109٪ أو مستوى الطاقة الكامل. وكانت الرحلات المستقبلية ستكون عند هذا المستوى بسبب الوزن الصافي الأثقل. وقد أُجريت اختبارات عديدة عند هذا المستوى. لذلك وبتقسيم الزمن عند 104٪ على 2 فإننا نحصل على وحدات تسمَّى مستوى طاقة كامل مكافئ (ومن الواضح أن هناك نوعاً من الشك في هذا ولكن لم تتم دراسته؟

والتشقُّقات المُبكرة المذكورة أعلاه حصلت عند مستوى طاقة كاملة تقديريه 375/ 1).

والآن تصبح قاعدة المصادقة «حددت جميع شفرات المرحلة الثانية لحد أقصى عند مستوى طاقة كامل قدره 1375 ثانية. فإذا اعترف الإنسان بأن معامل السلامة 2 قد ضاع عندئذ يُقال إن التوربين الواحد قد عمل لمدة 3800 ثانية من مستوى طاقة تقديرية كاملة دون تشقُّق ونصف ذلك هو 1900 ولذلك فإننا محافظون أكثر. لقد سخرنا من أنفسنا بثلاثة طرق. أولاً، إن لدينا عينة واحدة فقط وهي ليست الرائدة في الطيران لأنه يوجد في العينتين الأخرتين لـ3800 ثانية أو أكثر 17 شفرة متشقِّقة بينها (هناك 59 شفرة في المحرك). ثانياً، لقد تجاهلنا قاعدة 2 × واستبدلناها بزمن مكافئ. وأخيراً فإننا رأينا التشقُّق عند 1375 ويمكننا القول بأنه لم يتم العثور على تشققات عند حد أدنى من 1375 ولكن المرة الاخيرة التي نظرنا فيها ولم نجد تشققات كانت 1100 ثانية من مستوى القوة الكاملة المقدَّرة. ولا ندري متى يكون التشقق بين هذين الزمنين. مثلاً ربما تكون التشققات قد تشكلت عند 1150 ثانية من مستوى القوة الكاملة المقدرة (تقريبا 3/ 2 من مجموعات الشفرات المختبرة وزيادة عن 1375 ثانية كان فيها تشقُّقات. وبعض التجارب الأخيرة أظهرت في الحقيقة تشقُّقات عند فترة 1150 ثانية) وكان من الضروري الإبقاء على الرقم مرتفعاً لأن تشالنجر كانت ستقلع بمحرك قريب جداً

من الحد عندما يكون زمن الرحلة قد انتهى.

وأخيراً فإن هناك ادعاء بأنه لم يتم التخلِّي عن المعايير وأن النظام آمن بالتخلِّي عن تقليد FAA الذي يقضي بعدم وجود تشقُّقات واعتبار أن الشفرة التالفة بالكامل فقط تمثل عطل. وبهذا التعريف فلا يوجد عطل في أي محرك. والفكرة هي أنه طالما هناك وقت كاف لاتساع التشقق لكي يكبر إلى شرخ، فإننا يمكن أن نضمن بأن كل شيء آمن، والتفتيش في جميع الشفرات بحثاً عن تشقُّقات، فإن وُجدت نستبدلها، وإن لم نجد شيئا فلدينا وقتاً كافياً لرحلة آمنة. وهذا يخلق مشكلة تشقُّقات وليس مشكلة سلامة رحلة ولكن مشكلة صيانة.

وهذا قد يكون صحيحاً في الواقع. ولكن كيف نعرف أن التشقّقات تتزايد بدرجة بطيئة بحيث لا يحصل شرخ في الرحلة؟ لقد عملت ثلاث محركات لمدة زمنية أطول بشفرات متشقِّقة قليلة (حوالي 3000 ثانية من مستوى قوة الضغط) دون انكسار لأي من الشفرات ولكن ربما كان يُمكن معالجة هذا التشقق، بتغيير شكل الشفرة وتسوية السطح وتغطيته بعازل تلافياً للصدمات الحرارية فإن الشفرات لا تتشقق.

وقصة مماثلة نجدها في تاريخ المصادقة على المضخات التوربينية للضغط العالي للأوكسجين ولكننا لن نورد التفاصيل هنا.

باختصار، من الواضح أن مراجعة جاهزية الطيران وقواعد

المصادقة تُبيِّن انحطاطاً في مشكلات المحرك الرئيسي لمكوك الفضاء شبيه تماماً بالانحطاط الحاصل في مقوِّي الصاروخ الصلب.

إلكترونيات الطيران

نعني بإلكترونيات الطيران نظام الحاسوب الموجود في المدور الفضائي ومدخلاته من المجسَّات ومخرجاته ومن المشغلات الميكانيكية. وفي البداية سنقيِّد بحثنا في الحواسيب ولا يعنينا الموثوقية بالمعلومات المدخلة من مستشعرات الحرارة والضغط... الخ. أو فيما إذا كانت مُخرجات الحاسوب تطبق بدقَّة من المشغلات الميكانيكية لإطلاق الصاروخ والضوابط الميكانيكية والعرض لرواد الفضاء... الخ.

إن نظام الحاسوب مستفيض جداً وله ما يزيد عن 250.000 خط من الرموز. وهو مسئول من بين أمور عديدة، عن التحكم الآلي بالصعود إلى المدور والنزول إلى الغلاف الجوي بشكل جيِّد (دون ماخ 1) بمجرد الضغط على زر واحد لتقرير موقع الهبوط المرغوب فيه. ومن الممكن جعل الهبوط بكامله أوتوماتيكياً (باستثناء إزالة إشارة تخفيض ذراع الهبوط من ضبط الحاسوب ويجب عندئذ عمل ذلك من قبل رائد الفضاء بدواعي السلامة) إلا أن مثل هذا الهبوط الآلي ربما لا يكون آمناً كالهبوط الذي يتحكَّم به الطيار. ويُستعمل أثناء الطيران في

ضبط إجمالي الوزن وعرض المعلومات لرواد الفضاء وتبادل المعلومات مع المحطة الأرضية. ومن الواضح أن سلامة الرحلة تتطلَّب دقة مضمونة لهذا النظام التفصيلي لمعدات وبرامج الحاسوب.

وباختصار فإن الموثوقية بمعدات الحاسوب يتم ضمانها بالحصول على أربع أنظمة حاسوب متماثلة مستقلة أساساً، ويكون لكل مستشعر عدة نسخ حيثما أمكن وهي عادة أربعة، وكل نسخة تغذِّي جميع الخطوط الأربعة للحاسوب، فإن كانت المدخلات من المستشعرات غير متطابقة، حسب الظروف، فإن معدَّلات معيَّنة أو مختارات الأغلبية تُستعمل كمدخلات فاعلة. واللوغارتمية المستعملة من قبل الحواسيب الأربعة هي ذاتها كي تكوِّن مدخلاتها (طالما أن كل واحد يرى جميع نسخ المستشعرات) هي ذاتها. ولذلك يجب أن تكون النتائج في كل خطوة وفي كل حاسوب متماثلة. وتجري المُقارنة فيما بينها من حين لآخر ولكن نظراً لاحتمال عملها بسرعات مختلفة وبشكل بسيط يتم وضع نظام للتوقف والانتظار في مواعيد محدَّدة قبل إجراء كل مقارنة. فإن كان أحد الحواسيب غير متطابق أو تأخَّر كثيراً في الجواب فإن الثلاثة المتطابقة تُعتبر صحيحة ويُستبعد الحاسوب الخاطئ بالكامل من النظام. وإذا تعطَّل حاسوب آخر، ومن واقع الحكم عليه من المطابقة مع جهازي الحاسوب الآخرين، يُستبعد من النظام وتُلغى بقية الرحلة ويتم تقرير

الهبوط في مكان الهبوط بواسطة التحكُّم بالحاسوبين المتبقيين. وهذا نظام متكرِّر طالما أن عطل حاسوب واحد لا يؤثِّر على الرحلة. وأخيراً، كميزة إضافية للسلامة، فإن هناك حاسوب مستقل خامس يتم تحميل ذاكرته فقط ببرامج الصعود والهبوط ويكون قادراً على التحكُّم بالهبوط إذا كان هناك عطل في أكثر من حاسوبين في الخط الرئيسي للحواسيب الأربعة.

لا يوجد متَّسع كاف في ذاكرة حواسيب الخط الرئيسي لجميع برامج الصعود والهبوط وبرامج الحمل في الرحلة لذلك يتم تحميل الذكراة حوالي أربع مرات من الأشرطة بواسطة روَّاد الفضاء.

ونظراً للجهد الهائل المطلوب لاستبدال البرامج الجاهزة لمثل هذا النظام المستفيض ولفحص النظام الجديد لم يتم إجراء تغيير في الجهاز طالما أن النظام قد بدأ منذ حوالي خمسة عشر عاماً. فالجهاز الفعلي قد عفا عليه الزمن. مثلاً، الذاكرات مصنوعة من حديد قديم وقد أصبح من الصعب أن نجد شركة صانعة تُورد مثل هذه الحواسيب القديمة ذات جودة عالية. والحواسيب الحديثة يُعوَّل عليها أكثر بكثير ويمكن أن تعمل بسرعة أكثر وتبسط الدارات وتسمح بعمل أشياء أكثر ولا تتطلب تحميلاً كثيراً للذاكرة نظراً لاتّساع ذاكرتها.

ويتم فحص البرامج الجاهزة بدقة بطريقة تصاعدية. أولاً

يتم فحص كل خط جديد من الرموز ثم أقسام الرموز أو المجموعات التي يتم التحقق منها. وتتم زيادة النطاق خطوة خطوة إلى أن يتم دمج التغييرات الجديدة في نظام كامل وتُفحص. هذه المخرجات الكاملة تعتبر المنتج النهائي الصادر حديثاً.

ولكن باستقلالية تامة، فإن هناك مجموعة تدقيق مستقلة تأخذ موقفاً معاكساً لمجموعة تطوير البرامج الجاهزة وتختبر البرامج الجاهزة وتتحقق منها كما لو أنها زبون لمنتج يتم تسليمه. وهناك تحقُّق إضافي باستعمال البرامج الجديدة في نظام المحاكاة. واكتشاف خطأ أثناء عملية اختبار التحقق يُعتبر خطيراً جداً، وتتم دراسة أصله بدقة متناهية تلافياً لمثل تلك الأخطاء في المستقبل. وقد تمَّ العثور على مثل هذه الأخطاء غير المتوقعة حوالي ست مرات في البرمجة بكاملها وتغيير البرامج (لأحمال جديدة أو معدَّلة) التي تم إجراؤها. والمبدأ المتَّبع هو أن المراجعة بكاملها لا تنبع من سلامة البرامج بل هي مجرَّد اختبار لتلك السلامة في تدقيق لا ينطوي على احتمال كوارث، وسلامة الطيران لا بد وأن يُحكم عليها فقط انطلاقاً من جودة عمل البرامج في اختبارات التحقق. إذ أن العطل هنا يقود إلى شأن ملحوظ.

وإيجازاً لما سلف، فإن نظام وطريقة فحص برامج الحاسوب الجاهزة كان جيداً للغاية، ويبدو أنه كان خالياً من

الضحك على الذات في أثناء هبوط المقاييس كما هو حاصل في مقوِّي الصاروخ الصلب أو المحرك الرئيسي لمكوك الفضاء. وضماناً لذلك فإن هناك مقترحات أخيرة للإدارة في تقليص مثل هذه الاختبارات التفصيلية المُكلفة نظراً لكونها غير لازمة في هذه الفترة الأخيرة من تاريخ المكوك. ولكن يجب مقاومة ذلك لأنها لا تنطوي على تقدير للتأثيرات الغامضة ومصادر الخطأ الناشئة حتى عن تغيير بسيط من جزء من البرنامج على الآخر. وهناك طلبات دائمة للتغيير نظراً لاقتراح أحمال جديدة وطلبات جديدة وتعديلات من قبل المستعملين. والتغييرات مكلفة لأنها تتطلب اختبارات مكثَّفة. والطريقة الصحيحة لتوفير المال هي تقليل عدد التغييرات المطلوبة لا نوعية الاختبار لها.

ويمكن للإنسان أن يُضيف أنه يمكن تحسين النظام المستفيض بإدخال أجهزة حديثة وأساليب برمجة. ومن مزايا أي مسابقة خارجية أن تبدأ من البداية وعلى ناسا أن تدرس بدقة فيما اذا كانت هذ فكرة جيِّدة أم لا.

وأخيراً، عودة إلى المستشعرات والمشغلات الميكانيكية لنظام إلكترونيات الطيران، فإننا نجد أن الموقف إزاء عطل النظام والموثوقية ليس بنفس جودة نظام الحاسوب. مثلاً، وجدت صعوبة في مستشعرات معينة للحرارة التي كانت تتعطَّل أحياناً. ومع ذلك وبعد 18 شهراً فإن نفس المستشعرات لا زالت قيد الاستعمال وتتعطَّل أحياناً إلى درجة وجوب إلغاء

الإطلاق نظراً لتعطُّل اثنين في وقت واحد. وحتى في رحلة لاحقة فإن هذا المستشعر المتعطِّل قد استُعمل مرة ثانية. وكذلك فإن نظام ضبط التفاعل وحاقنات الصواريخ المستعملة للتعديل والتحكم في الرحلة لا يعول عليها إلى درجة ما. وهناك تكراراً تاريخاً طويلاً من الأعطال التي لم يكن أحد منها شديداً بدرجة كافية ليؤثر على الرحلة بشكل خطير. ويتم الكشف على عمل أدوات الحقن بواسطة المجسَّات فإذا لم تقم بالإشتعال فإن الحاسوب يختار واحدة أخرى للإشتعال. إلا أنها ليست مصمَّمة لكي تتعطَّل ولا بد من حل المشكلة.

الخلاصة

إذا أردنا المحافظة على جدول إطلاق معقول فإن الهندسة غالباً لا يمكن أن تتم بسرعة كافية لتتماشى مع توقُّعات معايير المصادقة المحافظة أصلاً والمصمَّمة لضمان مركبة آمنة جداً. وفي هذه الحالات فإن المعايير وبشكل غامض وبرأي منطقي واضح، يتم تعديلها بحيث تتم المصادقة على الرحلات في موعدها. ولذلك فانها تنطلق في حالة غير آمنة نسبياً مع وجود فرصة للعطل بنسبة مئوية (من الصعب أن نكون أكثر دقة).

ومن ناحية أُخرى فإن الإدارة الرسمية تدَّعي بالاعتقاد أن احتمال الفشل أقل من ذلك ألف مرة. وربما يكون سبب ذلك هو محاولة التأكيد للحكومة بكمال ناسا ونجاحها لضمان توريد

الأموال. وربما يكون هناك سبب آخر وهو أنهم يعتقدون مخلصين أن هذا صحيح وبذلك يظهرون نقصاً واضحاً في الاتصال بينهم وبين المهندسين العاملين لديهم.

وعلى أي حال فإن لهذا نتائج غير مواتية أبداً، وأخطرها هو تشجيع المواطن العادي على الطيران في مثل هذه الآلة الخطيرة كما لو أنها وصلت إلى درجة السلامة لطائرة عادية. ورواد الفضاء مثل طياري الاختبار يجب أن يعرفوا المخاطر المحيطة بهم ونحن نقدِّرهم لشجاعتهم. فمن يستطيع أن يشك في أن ماك أوليف كان ذو شجاعة فائقة وكان مدركاً للخطر الحقيقي أكثر مما كانت إدراة ناسا تريدنا أن نعتقد؟.

دعونا نضع توصيات كي نضمن أن مسئولي ناسا يتعاملون في عالم من الواقعية في فهم نقاط الضعف والعيوب التقنية بدرجة كافية كي يحاولوا إنهاء هذه العيوب ونقاط الضعف بفعالية.

وعليهم أن يعيشوا الحقيقة في مقارنة تكاليف واستعمال المكوك في طرق أخرى لدخول الفضاء. وعليهم أن يكونوا واقعيين في إبرام العقود وتقدير التكاليف وصعوبة المشاريع. ويجب اقتراح جداول الطيران الواقعية التي يمكن الوفاء بها بدرجة معقولة. فإذا لم تساعدهم الحكومة بهذه الطريقة فليكن ذلك. ومن واجب سانا أن تكون صريحة مع المواطنين الذين

تطلب دعمهم ومخلصة بتقديم المعلومات الكافية كي يتخذ المواطنون قرارات حكيمة في استعمال مواردهم المحدودة.

فبالنسبة للتقنية الناجحة لا بد وأن تعطى الواقعية أولوية على العلاقات العامة لأنه لا يمكن الاستهزاء بالطبيعة.

8

ما هو العلم؟

ما هو العلم؟ إنه الإدراك العام! أم ماذا؟ في نيسان 1966 ألقى الأستاذ الأول خطاباً في جمعية مدرِّسي العلوم الوطنية قدَّم فيها دروساً لزملائه حول كيفية تعليم طلاَّبهم على التفكير كعلماء وكيفية النظر إلى العالَم بتفحّص وعقلية مفتوحة وفوق هذا كله بالشك. وهذا الحديث أيضاً بفضل التأثير الهائل لوالد فينمان ـ بائع ملابس ـ على طريقة فينمان في النظرإلى العالم.

أشكر السيد دي روز على التحاقه بكم أنتم مدرِّسو العلوم. أنا أيضاً مدرِّس علوم ولديَّ خبرة كبيرة في تدريس الفيزياء للطلاب الخريجين ونتيجة لهذه الخبرة فإني أعرف أني لا أعرف كيف أدرِّس.

كما أني واثق أيضاً إنكم أنتم المدرِّسون الحقيقيون العاملون في المستوى الأساسي لهرم المدرِّسين، ومدرِّبو المدرِّسين وخبراء المناهج غير واثقين أيضاً من أنكم لا تعرفون كيف تقومون بهذه المهمة وإلا لما كان لديكم الاهتمام بالحضور إلى هذا الإجتماع.

إن موضوع «ما هوالعلم؟» ليس من اختياري. بل كان اختيار السيد دي روز. ولكنني أود أن أقول إني أعتقد أن «ما هو العلم؟» لا يُساوي أبداً «كيف نُعلِّم العلوم» ويجب أن ألفت نظركم لذلك لسببين. أولاً، من واقع الطريقة التي أعد بها لتقديم هذه المحاضرة قد يبدو أني أحاول أن أخبركم كيفية تدريس العلوم ـ لكني لست كذلك على الإطلاق، لأني لا أعرف شيئاً عن الأطفال. إن لديَّ طفلاً واحداً. لذلك فأنا أعرف أني لا أعرف. السبب الثاني هو أني أعتقد أن لدى غالبيتكم (لأن هناك حديثاً وأوراقاً كثيرة وخبراء كثيرون في هذا الميدان) نوع من الشعور من الافتقار إلى الثقة بالنفس. بطريقة ما أنتم دائماً تتلقون محاضرات حول الأمور التي لا تسير على ما يرام وكيف ينبغي أن تتعلَّموا كيف تدرسون أفضل. أنا لا أريد أن أنتقص من أدائكم نتيجة الأعمال السيِّئة التي تقومون بها وأن أوضح كيف يمكن تحسينها تحديداً فهذا ليس مقصدي.

في الحقيقة لدينا طلاَّب جيِّدون يأتون إلى كاليتك وقد وجدنا أنهم يتحسَّنون مع مرور الوقت. والآن كيف يتم ذلك،

لا أدري. ولست أدري إن كنتم تعلمون. أنا لا أريد أن أتدخَّل في النظام التعليمي، فهو جيد.

منذ يومين فقط كان لدينا مؤتمر قررنا فيه أنه يجب علينا أن لا ندرس دورة في الميكانيكا الكمية الابتدائية في مدرسة الخريجين بعد الآن. عندما كنت طالباً لم يكن هناك مادة الميكانيكا الكمية في مدرسة الخريجين وكان يعتبر موضوعاً صعباً جداً. وعندما بدأت التدريس، كانت هذه المادة مقرَّرة. والآن نحن ندرسها لطلبة دون الخريجين. وقد اكتشفنا الآن إنه يجب أن لا يكون ميكانيكا كمية ابتدائية للخريجين من مدارس أخرى. فلماذا هذا التقليص؟ لأننا قادرون على التدريس الأفضل في الجامعة، هذا لأن الطلاب القادمين أفضل تدريباً

ما هو العلم؟ بطبيعة الحال يجب أن تعرفوا ذلك جميعاً إذا كنتم تدرِّسونه. هذا هو الإدراك العام. ماذا عساني أقول؟ إذا كنتم لا تعرفون فإن كل نسخة كتاب في يد كل مدرِّس يبحث في الموضوع بحثاً كاملاً. هناك نوع من التقطير المشوَّه وكلمات مُذابة ومخلوطة لفرانسيس بيكون منذ قرون مضت، كلمات كان يُفترض أن تكون الفلسفة العميقة للعلم. إلا أن واحداً من كبار العلماء التجريبيين في ذلك الوقت والذي كان فعلاً يعمل شيئاً ما وهو ويليام هارفي قال: إن ما قاله بيكون عن العلم إنما كان علماً يقوم به مستشار كبير. لقد تحدَّث عن الملاحظة لكن حذف عنصر الحكم على ما نلاحظ وما الذي نتنبَّه له.

ولذلك فإن العلم ليس ما قاله عنه العلماء وبالتأكيد فإنه ليس ما تقوله نسخ المدرِّسين عنه. إن ماهيته مشكلة وضعت نفسي أمامها بعد أن قلت إني سأُلقي هذه الكلمة.

بعد وقت قصير تذكَّرت قصيدة صغيرة
عاشت أم الأربعة وأربعين في سعادة وهدوء
إلى أن جاء ضفدع يسألها في دعابة
«قولي لي بربك أي رجل من أرجلك تأتي بعد الأخرى؟»
ثارت بها الشكوك إلى أن وقعت في الشرك
ووقعت مشتَّتة لا تدري كيف تمشي

لقد أمضيت عمري كلَّه وأنا أعمل في العلم، ولا أعرف ما هو. لكن ما جئت لأقوله لكم ـ أي قدم تلي الأخرى ـ هو أني غير قادر على عمل ذلك، والأكثر من ذلك هو أني قلق نتيجة التشبيه في القصيدة وهو أني عندما أعود الى المنزل لن أكون بعد ذلك قادراً على عمل أي بحث.

حاول عدد من مراسلي الصحافة المختلفين الحصول على نبذة عن هذا الحديث. وحيث أني أعددته منذ فترة وجيزة فقد كان من المستحيل أن أقول لهم شيئاً. ولكني أستطيع أن أتخيَّلهم جميعاً مندفعين الآن ليكتبوا عناوين تقول «البروفسور يسمي رئيس رابطة المعلمين الوطنية ضفدعاً» نظراً لصعوبة الموضوع وكُرهي للشرح الفلسفي فإني سأعرض لكم الأمر بطريقة غير عادية أبداً، أنا سأُخبركم كيف عرفت ما هو العلم.

وهذا شيء طفولي نوعاً ما. لقد تعلَّمته وأنا طفل. لقد كان في دمي منذ البداية وأود أن أخبركم كيف اكتسبته. وهذا يبدو كما لو أني أحاول أن أُخبركم كيف تدرسون ولكن هذا ليس قصدي: سأُخبركم ما هو العلم بالكيفيَّة التي تعلَّمت بها ما هو العلم.

لقد فعل والدي ذلك معي، عندما كانت والدتي حاملاً فيَّ، يُقال ـ أنا لست على علم مباشر بالحديث!!! ـ قال والدي «إن كان طفل فإنه سيكون عالماً» كيف فعل ذلك؟ إنه لم يقُل لي أبداً أني سأكون عالماً ولم يكن هو عالماً» لقد كان رجل أعمال، مدير مبيعات لشركة تصنع أزياء رسمية لكنه قرأ عن العلم وكان يحبه.

عندما كنت صغيراً جداً ـ أوَّل قصة أعرفها ـ عندما كنت أتناول طعامي وأنا جالس على كرسي مرتفع، كان والدي يلعب معي لعبة بعد العشاء. لقد اشترى كمية كبيرة من قرميد أرضية حمام قديم، مستطيلة الشكل من مدينة لونغ آيلاند. وكنَّا نضعها واحدة تلو الأخرى وكان يسمح لي أن أدفع بطرف واحد وأُراقب كيف تهبط البقية، شيء جميل جداً.

بعدئذ تحسَّنت اللعبة. كان القرميد بألوان مختلفة ويجب أن أضع واحدة بيضاء واثنتان زرقاوين، ثم واحدة بيضاء ثم اثنتين زرقاوين وربما أردت أن أضع واحدة زرقاء بينما يجب أن

تكون بيضاء، طبعاً أنت تدرك الذكاء العادي الماكر، أعني سياسة دعه يستمتع باللعب أولاً، وبعدئذ تحقن مادة القيمة التعليمية.

ولأن والدتي امرأة مُرهفة الإحساس فقد بدأت تُدرك مكر جهود والدي وقالت: «ميل، دع الطفل يضع قرميدة زرقاء إن أراد ذلك» فقال والدي: «لا، أنا أريده أن ينتبه للترتيب فهذا الشيء الوحيد الذي أُريده أن يتعلَّمه في الرياضيات في هذه المرحلة المُبكرة. ولو أني كنت أُلقي كلمة عن «ما هي الرياضيات؟» لكنت قد أجبتكم من قبل، إن الرياضيات هي البحث عن الأشكال (إن الحقيقة أن لهذا التعليم أثر عندي. كان لدينا اختبار تجريبي مباشر عندما ذهبت إلى الروضة. كنا نتعلم الحياكة في تلك الأيام إلا أنها قد أُلغيت. وهي صعبة جداً بالنسبة للأطفال. تعوَّدنا أن نُحيك أوراقاً ملوَّنة من خلال أشرطة عمودية ونعمل أشكالاً. وكانت مُدرِّسة الروضة مُندهشة لدرجة أنها أرسلت رسالة خاصة للمنزل تقول إن هذا الطفل غير عادي لأنه قادر على أن يعرف مسبقاً الشكل الذي سيحصل عليه، وعمل أشكالاً معقَّدة بشكل مُثير للدهشة. لذلك فإن لعبة القرميد كان لها تأثير عليَّ) أود أن أورد دليلاً آخر على أن الرياضيات هي مجرَّد أشكال. عندما كنت في كورنيل، كنت مثاراً جداً بجسم الطالب الذي بدا لي أنه مزيج مخفَّف لأُناس حسَّاسين في كتلة كبيرة، من أُناس أغبياء يُدرِّسون الاقتصاد

المنزلي بما في ذلك عدد كبير من الفتيات. وكان من عادتي أن أجلس في الكافتيريا مع الطلبة وآكل وأحاول أن أسترق السمع لحديثهن وأرى إن كان هناك كلمة ذكية واحدة تخرج منهن. ولكم أن تتصوروا دهشتي عندما اكتشفت شيئاً هائلاً كما ظهر لي.

استمعت إلى محادثة بين فتاتين وكانت إحداهن تشرح إنك إذا كنت تريد أن تعمل خطاً مستقيماً فإنك تمر برقم معيَّن إلى اليمين في كل صف تصعد فيه إلى الأعلى. أي أنك إذا صعدت كل مرة بنفس المقدار عندما تصعد في الصف فإنك تعمل خطاً مستقيماً. مبدأ أصيل في الهندسة التحليلية! ثم تابعت حديثها كنت مذهولاً جداً، ولم أعرف أن عقل الأنثى كان قادراً على فهم الهندسة التحليلية.

تابعت حديثها وقالت «لنفترض أن لديك خطاً آخر من الجانب الآخر وتريدين أن تعرفين أين يتقاطعا». لنفترض.......»

لقد صُعقت، لقد استطاعت أن تعرف أين التقاطع وتبيَّن أن إحدى الفتيات كانت تشرح للأخرى كيف تحيك الجوارب.

لذلك تعلَّمت درساً: أن عقل الأنثى قادر على فهم الهندسة التحليلية. فأولئك الناس الذين كانوا يصرُّون (في وجه جميع الدلائل الواضحة على العكس) بأن الرجل والمرأة

متساوون وقادرون على التفكير المنطقي وربما كانوا على حق. وربما تكون الصعوبة أننا لم نكتشف بعد طريقة للاتصال بعقل المرأة. فإن حصل هذا بالطريقة الصحيحة فلربما تكون قادراً على الحصول على شيء ما.

والآن سأمضي مع تجربتي الخاصة في الرياضيات عندما كنت صغيراً.

ثمة شيء آخر قاله لي والدي ـ ولا أستطيع أن أفسِّره تماما وهو أن نسبة محيط الدائرة إلى القطر ثابت دائماً بصرف النظر عن الحجم. لم يبدو لي ذلك أنه غامض ولكن للنسبة خصائص مُذهلة. وكان ذلك رقماً مثيراً وهو رقم الباي في الأبجدية اليونانية. كان هناك سراً في هذا الرقم لم أفهمه تماماً وأنا صغير، ولكن كان هذا أمراً عظيماً وكانت النتيجة هي أني بحثت عنه في كل مكان.

عندما كنت أتعلَّم في المدرسة كيفية عمل الكسور العشرية وكيف أكتب 1/4 3 كتبتها 3.125 وأعتقد إني رأيت صديقاً كتب أنه يساوي (باي) معدَّل المحيط لقطر الدائرة وصحَّحها الأستاذ إلى 3.1416.

إني أوضح هذه الأشياء لأُبيِّن لكم التأثير، فكرة أن هناك سراً وأن هناك أعجوبة حول الرقم كانت هامَّة بالنسبة لي، أكثر من الرقم نفسه. بعد ذلك بوقت طويل، عندما كنت أُجري

تجارب في المختبر ـ أقصد مختبري الشخصي ـ أقصد أني كنت أعبث ـ لا عفواً فأنا لا أُجري تجارب ولم أعملها. كنت مجرد أعبث، عملت راديوات وأدوات، وتدريجياً من خلال الكتب والأدلة بدأت أكتشف أن هناك صيغ منطبقة على الكهرباء في توصيل التيار والمقاومة وهكذا. وذات يوم وأنا أنظر إلى الصيغة في بعض الكتب اكتشفت صيغة عن ذبذبة دارة مرنان والذي كان 2 باي حيث أن L هي الموصل و C هي سعة الدارة. وكان هناك باي فأين الدائرة؟ قد تضحكون ولكني كنت جاداً حينئذ. كانت باي شيء مرتبط بالدوائر وهنا يوجد باي من دارة كهربائية فأين مكانها من الدائرة. هل تعلمون أنتم الذين تضحكون كيف تأتي هذه الباي؟

يجب أن أُحبَّ الشيء، يجب أن أبحث عنه وأُفكِّر فيه. وبعدئذ أدركت بالطبع أن الأسلاك مصنوعة في دوائر. وبعد حوالي نصف سنة عثرت على كتاب عن توصيل الأسلاك المستديرة والأسلاك المربَّعة، وكان هناك باي آخر في هذه الصيغ. وبدأت أُفكِّر فيه مرة ثانية وأدركت أن الباي لا يأتي من الملفات المستديرة، وفهمته بشكل أفضل. ولكن في داخلي لا أعرف تماماً أين تلك الدائرة ومن أين يأتي الباي (. . . .)

أود أن أقول كلمة أو اثنتين ـ واسمحوا لي أن أقطع قصتي ـ حول الكلمات والتعاريف لأنه من الضروري أن نتعلم الكلمات. إنها ليست علماً، وهذا لا يعني لمجرد أنها ليست

علماً أنه لا يجب علينا أن نعلِّم الكلمات، نحن لا نتكلم عن الذي يجب أن نعلِّمه، نحن نتكلم عن ماهية العلم. ليس من العلوم أن تعرف كيف تحول من درجة مئوية إلى فهرنهايتية. إنه ضروري ولكنه ليس علماً بالضبط وبنفس المعنى، إن كنت تبحث في ماهية الأدب أو الفن فإنك لن تقول إنه معرفة حقيقة أن قلم الرصاص 3 ـ B أكثر ليونة من قلم الرصاص 2 ـ H فهذا فرق واضح. وهذا لا يعني أن على مدرِّس الفن أن لا يدرِّس ذلك، أو أن الفنان يكون على ما يرام إن لم يعرف ذلك (حقيقة يمكنكم أن تكتشفوا خلال دقيقة بتجريب ذلك ولكن هذه طريقة علمية قد لا يفكر مدرِّسو الفن في شرحها).

ومن أجل أن نتكلم مع بعضنا البعض ـ يجب أن يكون لدينا كلمات، وهذا شيء حسن. إنها فكرة جيِّدة أن نحاول أن نجد الفرق. وإنها لفكرة جيِّدة أن نعرف عندما نعلم أدوات العلم مثل الكلمات وعندما نعلم العلم ذاته.

ومن أجل مزيد من التوضيح لهذه النقطة، سآخذ كتاب علوم معيَّن لأنتقده بطريقة غير مواتية وهذا ليس عدلاً لأني متأكد أنه بقليل من الإبداع فإني أستطيع أن أجد أشياء غير مواتية أيضاً لأقولها عن أشياء أخرى.

هناك كتاب علوم للصف الأول والذي يبدأ في الدرس الأول بطريقة غير مناسبة لتعليم العلوم لأنه يبدأ بفكرة خاطئة

عن ماهية العلم. هناك صورة لكلب، أي صورة لعبة كلب، وهناك يد تمتد إلى مفتاح اللف وعندها يكون الكلب قادراً على الحركة. وتحت الصورة الأخيرة هناك سؤال «ما الذي يجعل الكلب يتحرك؟» بعدئذ هناك صورة لكلب حقيقي والسؤال «ما الذي يجعله يتحرك؟» ثم صورة لموتور وسؤال «ما الذي يجعله يتحرك؟» وهكذا.

في البداية ظننت أن هذا استعداد للإخبار عن فحوى العلم: فيزياء، أحياء، كيمياء» لكن الأمر لم يكن كذلك» كان الجواب في كتاب المدرِّس. والجواب الذي كنت أُحاول أن أتعلَّمه هو «الطاقة هي التي تجعله يتحرك».

الآن، الطاقة مفهوم غامض، ومن الصعب جداً أن يتم استيعابها. وما أقصده بذلك أنه ليس من السهل أن نفهم الطاقة بشكل جيِّد كي نستعملها بشكل جيِّد، بحيث نستطيع أن نستنتج شيئاً ما بطريقة صحيحة باستعمال فكرة الطاقة. إنها تفوق استيعاب الصف الاول. ومن المساواة بدرجة مكافئة أن نقول «الله يجعلها تتحرك» أو «الروح تجعلها تتحرك» أو «الحركة تجعلها تتحرك» (في الحقيقة من الأولى أن نقول «الطاقة تجعلها تتوقف»).

انظر إلى هذه الطريقة، هذا هو فقط تعريف الطاقة، يجب أن يُعكس. فعندما يستطيع شيء ما أن يتحرك عندها نستطيع أن

نقول أن فيه طاقة ولكن ليس «إن ما يجعله هو الطاقة» وهذا فرق غامض وهو الشيء ذاته بفرضية العطالة وربما أستطيع أن أُوضح الفرق أكثر بهذه الطريقة:

لو أنك سألت طفلاً ما الذي يجعل لعبة الكلب تتحرك، لو سألت إنساناً عادياً ما الذي يجعل لعبة الكلب تتحرك فهذا هو الذي يجب أن تفكِّر فيه والجواب هو أنك لففت اللولب وهو يلف عكسياً ويحرِّك الذراع. إنها طريقة جميلة لتبدأ فيها موضوع العلوم: فك اللعبة وترى كيف تعمل، انظر إلى ذكاء المسنات وانظر إلى السقَّاطة. تعلَّم شيئاً عن اللعبة وطريقة تجميعها وإبداع الناس باستعمال السقاطات والأشياء الأخرى. شيء جميل والسؤال جيِّد. والجواب نوعاً ما غير موات، لأن ما يحاولون تعليمه هو تعريف الطاقة ولكن لا شيء يتم تعلُّمه على الإطلاق.

لنفترض أن طالباً قال «لا أعتقد أن الطاقة تجعله يتحرك» فأين سيكون مسار الحوار؟

وأخيراً وجدت طريقة لاختبار فيما اذا كنت قد علمت فكرة أم علمت تعريفاً فقط؟ والاختبار بهذه الطريقة: أنت تقول «بدون استعمال الكلمة الجديدة التي تعلَّمتها للتو، حاول أن تُعيد صياغة ما تعلَّمته بلغتك الخاصة بدون استعمال كلمة» طاقة «قل لي ما الذي تعرفه الآن عن حركة الكلب» لا تستطيع.

لذلك أنت لم تتعلم شيئاً سوى التعريف. أنت لم تتعلم شيئاً عن العلم. ربما يكون هذا حسن، ربما لا تريد أن تتعلم شيئاً عن العلم مباشرة. ربما يجب أن تتعلم التعاريف ولكن في الدرس الاول أليس هذا مدمراً جداً؟

إني أعتقد أن تعلُّم صيغة غامضة لإجابة الأسئلة في الدرس الأول أمر سيء جداً. والكتاب يحتوي على أشياء أخرى ـ «الجاذبية تجعله يسقط» «إن كعب الحذاء يتآكل بسبب الاحتكاك».

يلتف جلد الحذاء لأنه يحتك بالممرات الجانبية والنتوءات والندبات على الحواف تسحب القطع وتمزقها. وأن القول أن ذلك بسبب الاحتكاك فقط أمر مُحزن لأن هذا ليس علماً.

لقد تعامل والدي نوعاً ما مع الطاقة واستعمل المصطلح بعد أن أخذت فكرة ما عنه. وأنا أعرف ما يمكن أن يكون قد فعله لأنه فعل أساساً الشيء ذاته ـ على الرغم من أنه ليس المثال ذاته عن لعبة الكلب. كان سيقول «إنه يتحرَّك لأن الشمس مُشعَّة» إن أراد أن يقدِّم نفس الدرس. وأنا أقول «لا، وما علاقة ذلك بإشعاع الشمس؟ إنه تحرَّك لأني لففت اللولب؟».

«ولماذا أنت قادر على لف هذا اللولب؟».

«أنا آكل».

«وماذا تأكل يا عزيزي؟»

«أنا آكل نباتات»

«كيف تنمو هذه النباتات؟»

«إنها تنمو لأن الشمس مُشعَّة»

والشيء ذاته بالنسبة للكلب. وماذا عن الغازولين؟ إنها الطاقة المتراكمة للشمس تحتفظ بها النباتات وتتخزَّن في باطن الأرض.

وهناك أمثلة أخرى كلها تنتهي عند الشمس. وكذلك نفس الفكرة عن العالم التي يصب فيها كتابنا بطريقة مذهلة جداً. فكل الأشياء التي نراها تتحرك إنما هي تتحرك لأن الشمس مشعَّة. إنها تفسِّر العلاقة بين مصدر واحد من الطاقة بالآخر ويمكن أن ينكر الطفل هذه العلاقة. فربما يقول «أنا لا أعتقد أن ذلك بسبب إشعاع الشمس» وتستطيع عندئذ أن تبدأ النقاش. لذلك هناك فرق (يمكن فيما بعد أن أتحداه بالمد والجزر وما الذي يجعل الأرض تدور واضع يدي على السر مرة اخرى).

هذا مجرَّد مثال على الفرق بين التعاريف (وهي ضرورية) والعلم. والاعتراض الوحيد في هذه الحالة كان هو الدرس الأول. كان من الضروري أن يكون ذلك في وقت لاحق ليقول لك ما هي الطاقة ولكن ليس بمثل هذا السؤال البسيط مثل «ما الذي يجعل الكلب يتحرك؟» والطفل يجب أن يُعطى جواب

طفل «دعنا نفتحه ولننظر إليه» أثناء سيري مع والدي في الغابات، تعلَّمت الكثير. مثلاً في حالة الطيور، بدلاً من تسميتها كان والدي يقول «انظر، لاحظ ذلك الطير ينقر دائماً في ريشه» وهو ينقر كثيراً في ريشه، فلماذا تعتقد أنه يفعل ذلك؟».

ظننت أن السبب قد يكون لأن الريش متجعِّد وأنه يحاول أن يصفِّفه. فقال «حسناً، متى يتجعَّد الريش أو كيف يتجعَّد؟. «عندما يطير ويتجوَّل. حسناً ولكن عندما يطير يتجعَّد الريش» بعدها قال «إنك تظن إذن أنه عندما يهبط الطائر فإنه ينقر ريشه أكثر مما ينقر بعد أن يصفِّفه ويمشي على الأرض لفترة، حسناً دعنا نرى» لذلك كنا ننظر ونراقب وتبيَّن حسبما أدركت أن الطير كان ينقر كثيراً وبصرف النظر عن مدة سيره على الارض وليس مباشرة بعد الطيران.

لذلك كان ظنِّي خاطئاً ولم أستطع أن أُخمِّن السبب الصحيح. وكشف لي والدي عن السبب الصحيح.

كان السبب هو وجود قمل في الطيور، وهناك رقاقة تظهر من الريش، كما قال والدي، يمكن أن تؤكل ويأكلها القمل وعلى القملة هناك مقدار ضئيل من الشمع في المفاصل بين أجزاء الرِّجل يرشح للخارج وهناك عث يعيش هناك ويأكل الشمع، والآن هناك مصدر جيد للغذاء للعث لا يهضمه بشكل

جيد. لذلك يأتي من الطرف الخلفي سائل فيه سكر كثير وفي ذلك السكر يعيش مخلوق صغير. . . الخ.

إن الحقائق غير صحيحة، لكن الروح صحيحة. أولاً، تعلَّمت عن الطفيليات الواحدة تعيش على الأخرى والأخرى. . .

ثانياً، مضى والدي يقول: عندما يكون في العالم أي مصدر، لأي شيء يمكن أن يؤكل ليجعل الحياة تسير، فإن هناك شكلاً ما من أشكال الحياة يجد طريقاً للاستفادة من ذلك المصدر، وأن كل فضلات المادة يمكن أن يأكلها شيء ما.

والآن فإن المغزى من ذلك هو أن نتيجة الملاحظة، حتى وإن كنت غير قادر على الخروج بنتيجة نهائية، كانت قطعة رائعة من الذهب بنتيجة مذهلة، كانت شيئاً رائعاً.

إني أعتقد إنه من المهم جداً ـ وعلى الأقل كان ذلك بالنسبة لي ـ إنك إذا أردت أن تعلِّم الناس على الملاحظة فإنك يجب أن تبيِّن أن شيئاً رائعاً يمكن أن يحصل. عندئذ عرفت ما هو العلم، إنه الصبر. فلو أنك نظرت وراقبت وبذلت اهتماماً فإنك تحصل على نتيجة كبرى من ذلك (على الرغم أنه ربما لن يحصل هذا كل مرة). ونتيجة لذلك وعندما كبرت وأصبحت أكثر نضجاً كنت أعمل بجد وجهد ساعة تلو الأخرى ولسنوات في قضايا شائكة ـ وفي بعض الأحيان سنوات عديدة وأحياناً أقل

ـ وأفشل في العديد منها وتذهب أشياء كثيرة في سلة المهملات. ومع كل فترة زمنية كان هناك الذهب في فهم جديد تعلمت ان أتوقعه عندما كنت طفلاً وهو نتيجة الملاحظة، لأني تعلَّمت أن الملاحظة كانت ذات جدوى.

وبمحض الصدفة تعلَّمت أشياء أخرى في الغابة. إذ كنا نسير في نزهة ونرى جميع الأشياء الرتيبة ونتحدث عن أشياء كثيرة عن النباتات التي تنمو وصراع الأشجار من أجل الضوء، وكيف تحاول أن ترتفع بأقصى ما تستطيع وأن نحلّ مشكلة رفع الماء لأعلى من 35 أو 40 قدم. والنباتات الصغيرة على الأرض التي تتوق لقليل من الضوء المتسلِّل، وكل ذلك النمو وما شابه ذلك.

وذات يوم وبعد أن رأينا هذا كله اصطحبني والدي إلى الغابة مرة ثانية وقال «لقد كنَّا طيلة هذا الوقت ننظر إلى الغابة وقد رأينا فقط نصف ما يدور فيها، تماماً النصف» فقلت «ماذا تعني؟».

وقال «لقد كنا ننظر إلى كيفية نمو جميع هذه الأشياء ولكن مقابل كل جزء من النمو لا بد وأن يكون هناك نفس المقدار من التفسُّخ وإلا فإن المواد ستُستهلك للأبد. اذ إنك سترى الأشجار الميتة ملقاة على الأرض بعد أن استهلكت المادة بكاملها من الهواء والأرض ولن تعود ثانية إلى الأرض

والهواء، ولا شيء يمكن أن ينمو لعدم توفُّر المواد. إذ لا بد أن يكون هناك مقابل كل نمو نفس الكمية من التفسُّخ.

وتلا ذلك عدَّة جولات في الغابات كسرنا فيها جذوع الأشجار القديمة ورأينا حشرات مضحكة وطحالب تنمو ـ لم يستطِع أن يُريني البكتيريا ولكن رأينا آثارها وهكذا رأيت في الغابة العملية المستدامة لتحوُّل المواد.

كان هناك أشياء كثيرة من هذا القبيل ـ وصف للأشياء بطرق غريبة وغالباً ما كان يبدأ حديثه عن شيء ما على هذا النحو «لنفترض أن شخصاً من المريخ هبط إلى الأرض ونظر إلى العالم» إنها طريقة جميلة جداً لننظر فيها إلى العالم» مثلاً عندما كنت ألعب بقطاري الكهربائي قال لي إن هناك دولاباً كبيراً يتحرَّك بفعل الماء وهو متَّصل بشعيرات من النحاس تنتشر للخارج في جميع الاتجاهات، ثم هناك دواليب صغيرة وكلها تدور عندما يدور الدولاب الكبير.

والعلاقة بينها هو أن هناك نحاس وحديد ولا شيء آخر. ليس هناك أجزاء متحركة، فأنت تُحرِّك دولاباً هنا وجميع الدواليب الأخرى في كل المكان تدور. وقطارك واحد منها. كان عالماً مدهشاً ذلك الذي أخبرني والدي عنه.

إني أعتقد أن العلم ربما يكون شيئا مثل هذا: كان هناك نشوء للحياة على هذا الكوكب لدرجة أن هناك حيوانات ناشئة

وهي ذكية. أنا لا أقصد البشر فقط ولكن حيوانات تلعب وتستطيع أن تتعلَّم من التجارب (مثل القطط) ولكن في هذه المرحلة فإن كل حيوان يجب أن يتعلَّم من تجربته الخاصة. وهي تتطور تدريجياً إلى أن يستطيع حيوان ما أن يتعلَّم من التجربة بسرعة أكبر ويتعلم أيضاً من تجارب الآخرين بالملاحظة أو يمكن لأحدهما أن يُري الآخر أو أنه يرى ما فعل الآخر. لذلك ظهرت إمكانية أن الكل ربما يتعلَّم، لكن النقل لم يكن كافياً، وبهذا يموتون وربما يكون أن الذي تعلَّم مات أيضاً قبل أن يوصل ذلك للآخرين.

والسؤال هو: هل من الممكن أن نتعلَّم ما تعلَّمه شخص ما من حادث معيَّن بسرعة أكبر من معدَّل نسيان الشيء، إما بسبب الذاكرة السيِّئة أو بسبب وفاة المتعلِّم أو المخترع؟

لذلك كان هناك وقت بالنسبة لبعض المخلوقات ازداد فيه معدَّل التعلم ليصل إلى درجة أن شيئاً ما حصل فجأة. ويمكن تعلُّم الأشياء من قبل حيوان ما، وتمر إلى حيوان آخر وآخر وبسرعة كافية لا تسمح بضياعها بالنسبة لهذا الجنس. وهكذا أصبح تراكم المعرفة مكاناً لهذا الجنس. وهذا ما يسمَّى بالارتباط الزمني. ولست أدري من هو أول من أطلق عليه هذه التسمية. على أي حال فإن لدينا هنا عيِّنات من هذه الحيوانات تجلس هنا تحاول أن تربط تجربة ما بأخرى وكل واحدة تحاول أن تتعلَّم من الأخرى.

إن ظاهرة وجود ذاكرة لجنس ما، ووجود معرفة متراكمة تمر من جيل لآخر جديدة في العالم. لكن هناك مرضاً فيها. فقد كان من الممكن تمرير أفكار خاطئة، وكان من الممكن تمرير أفكار غير مريحة للجنس. هناك أفكار للجنس ولكنها ليست بالضرورة مفيدة.

وقد مر وقت كانت فيه الأفكار، على الرغم من تجمُّعها البطيء، تراكمات ليست عملية ومفيدة فقط، ولكنها تراكمات كبيرة لجميع أنواع الأهواء والمعتقدات الغريبة والشاذَّة.

بعدئذ تم اكتشاف طريقة لتلافي المرض، وهي الشك في أن ما يُمرَّر من الماضي حقيقي ومحاولة أن نجده من البداية، مرة أخرى من التجربة، ما هو الموقف بدلاً من الثقة بتجربة الماضي بالشكل الذي أتت فيه إلينا. وهذا هو العلم: نتيجة الاكتشاف الجدير بإعادة التدقيق فيه وبتجربة جديدة مباشرة وليس بالضرورة الثقة في تجربة الجنس من الماضي. وأنا أراه بهذه الطريقة. وهذا أفضل تعريف لدي أود أن أذكِّركم جميعاً بأشياء تعرفونها جيداً من أجل شحنكم بقليل من الحماس، في الدين يتم تدريس دروس أخلاقية ولكنها لا تُدرَّس مرة واحدة، إذ يتم شحنها مرات ومرات وأعتقد أنه من الضروري أن نشحن الأطفال مرات ومرات ونذكِّرهم بقيمة العلم وكذلك للكبار وكل فرد آخر بطرق عديدة، ليس من أجل أن نصبح مواطنين أفضل وأكثر قدرة على التحكُّم بالطبيعة وما شابه ذلك، بل هناك أشياء

أخرى. هناك قيمة النظرة العالمية التي يخلقها العلم. هناك جمال وعجائب العالم المكتَشَفَة من خلال نتائج هذه التجارب الجديدة، أي غرائب الكون التي ذكَّرتكم بها، إن الاشياء تتحرك لأن الشمس مشعَّة وهي فكرة عميقة وغريبة ورائعة (ومع ذلك فإن ليس كل ما يتحرك ناتج عن إشعاع الشمس، فالأرض تدور بصفة مستقلَّة عن إشعاع الشمس والتفاعلات النووية أصدرت الطاقة مؤخراً على الأرض كمصدر جديد. وربما إن البراكين تحصل بقوة مختلفة عن إشعاع الشمس)..

يبدو العالم مختلفاً بعد تعلُّم العلم، مثلاً الأشجار أساساً مصنوعة من الهواء. وعندما تحترق فإنَّها تعود للهواء، وفي حرارة الاشتعال تنبعث حرارة اشتعال الشمس التي أُحضرت لتحويل الهواء إلى شجر، وفي الرماد بقايا صغيرة لم تأتِ من الهواء بل جاءت من التربة الصلبة. هذه أشياء جميلة ومضمون العلم مليء بها بشكل غريب وهي مُلهمة جداً ويمكن استعمالها لإلهام الآخرين.

ثمَّة صفة أخرى من صفات العلم هو إنه يعلِّم قيمة التفكير العقلاني وهي بنفس أهمية حرية التفكير، النتائج الإيجابية الناجمة عن الشك في أن جميع الدروس صحيحة، ويجب أن تُميِّزوا هنا ـ خاصة في التعليم بين العلم والأشكال أو الخطوات المستعملة أحياناً في تطوير العلم. إذ من السهل أن نقول «إننا نكتب، ونجري التجارب ونلاحظ ونفعل هذا وذاك» يمكن أن

تنسخ ذلك النموذج تماماً. لكن الدراسات الكبرى منتشرة باتباع الشكل دون تذكُّر المضمون المباشر لتعاليم القادة الكبار. وبالطريقة ذاتها، فإنه من الممكن أن نتَّبع الشكل ونسميه علماً ولكنه زائف. وبهذه الطريقة فإننا كلنا نُعاني من الظلم في وقتنا الحاضر في كثير من المؤسسات الواقعة تحت تأثير المستشارين العلميين الزائفين.

لدينا الكثير من الدراسات في التعليم، مثلاً، يقوم فيها الناس بالملاحظة ويدرجون قوائم واحصائيات ولكنها لا تصبح علماً أو معرفة قائمة إنها مجرَّد شكل استهلالي للعلم ـ مثلما يفعل أهل بحر الجنوب في حقول الطيران ومحطات راديو من الخشب متوقعين وصول طائرة كبيرة، لا بل إنهم يصنعون طائرات من خشب بنفس الشكل الذي يرونه في حقول طيران الأجانب حولهم ولكنها لا تطير. ونتيجة هذا التقليد العلمي الزائف أن هناك خبراء وإن الكثير منكم خبراء. أنتم المدرِّسون الذين تدرسون الأطفال تمثِّلون قاعدة الكتلة وربما تستطيعون أن تشكُّوا في الخبرة مرة كل فترة. تعلَّموا من العلم أنكم يجب أن تشكُّوا في الخبراء. وكحقيقة، فإني أستطيع أن أقدِّم تعريفاً للعلم بطريقة أخرى: العلم هو الاعتقاد بجهل الخبراء.

عندما يقول شخص ما أن العلم يعلِّم كذا وكذا فإنه يستعمل الكلمة بشكل خاطئ. فالعلم لا يعلِّم ذلك بل التجربة هي التي تعلِّم. وإن قالوا لك أن العلم قد بيَّن كذا وكذا فربما

تسأل «كيف يُبيِّن العلم ذلك ـ كيف اكتشف العلماء ذلك ـ كيف، ماذا، أين؟. ليس العلم ظاهر ولكن هذه التجربة وهذه النتيجة هي التي ظهرت. وإن لك حقاً كأي شخص آخر، عند السماع عن التجربة (ولكن يجب أن نُصغي لجميع الادلَّة) للحكم عما إذا تم التوصُّل إلى خلاصة يمكن إعادة استعمالها أم لا.

في ميدان معقَّد جداً لدرجة أن العلم الحقيقي غير قادر على أن يتوصَّل إلى شيء بعد، فإنه يجب علينا أن نعتمد على نوع من الحكمة القديمة ـ نوع من الاستقامة الأكيدة. إني أحاول أن أُلهِمَ المدرِّس بأن يكون عنده الأمل والثقة بالنفس بالإدراك العام والذكاء الطبيعي، فالخبراء الذين يقودونك ربما يكونوا مخطئين.

ربما أكون قد دمَّرت النظام ولن يعود الطلاب القادمين إلى كالتيك جيدين بعد الآن. إني أعتقد أننا نعيش في عصر غير علمي تختلط فيه مفردات وكتب الاتصالات والتلفزيون وبذلك فهي غير علمية. وهذا لا يعني أنها سيئة، بل هي غير علمية ونتيجة لذلك فإن هناك قدراً ملحوظاً من الظلم الفكري باسم العلم.

وأخيراً فإن الإنسان لا يستطيع أن يعيش إلى ما بعد القبر. فكل جيل يكتشف شيئاً من واقع تجربته يجب أن يمرِّر ذلك،

يجب أن يمرِّر ذلك بموازنة حساسة للاحترام وعدم الاحترام بحيث أن العنصر البشري (المُدرِك للمرض الذي هو عُرضة له) لا يترك أخطاءه تُصيب شبَّانه بل تمرر حكمته المتراكمة إضافة إلى الحكمة التي قد لا تكون حكمة.

فمن الضروري أن نعلِّم الأمرين لقبول ورفض الماضي بنوع من الموازنة تأخذ المهارة البارزة. ومن بين المواضيع كلها فإن العلم وحده هو الذي يحتوي دروس خطر الاعتقاد بأن الاساتذة الكبار للجيل السابق بعيدون عن الخطأ، لذلك إلى الامام وشكراً.

9

أذكى رجل في العالم

فيما يلي المقابلة الصحفية الرائعة التي أجرتها مجلة أومني مع العالم فينمان عام 1979، ونرى هاهنا ما يعرفه وما يحبه جداً «نقصد الفيزياء» وما يكرهه «نقصد الفلسفة»، حيث يقول «يجب على الفلاسفة أن يتعلَّموا كيف يسخرون من أنفسهم». وفي هذه المقابلة يبحث فينمان في العمل الذي أكسبه جائزة نوبل، والذي يتمحور حول الحركة الكهربائية الكمومية Quantum Electrodynamics ثم يتابع في علم الكون والكواركات واللانهايات المزعجة التي تذخر بالعديد من المعادلات.

يقول ريتشارد فينمان: «أعتقد أن النظرية هي ببساطة طريقة لكنس الصعوبات وإخفاؤها تحت البساط» «وأنا غير متأكدٌ من ذلك طبعاً» ويبدو ذلك وكأنه نوعٌ من النقد، ذي الشكل

الطقوسي، الذي يطرحه الحضور عقب تقديم ورقة مثيرة للجدل في مؤتمرٍ علمي. ولكن فينمان كان على المنصة يُلقي خطاب الفوز بجائزة نوبل، وكانت النظرية التي هو بصددها، الحركة الكهربائية الكمومية، قد دُعيت مؤخراً «بأكثر النظريات المستنبطة دقةً» وقد تم التحقُّق من تنبؤاتها بشكلٍ روتيني حتى جزءٍ واحد من المليون. وعندما طوَّر كلٌ من فينمان وجوليان سكوينجر وتوموناجا وسن ـ اتيرو هذه النظرية بشكلٍ مستقل في أربعينيات القرن الماضي، رحَّب بها زملاؤهم على أنها «مكسبٌ عظيم» لأنها كانت الحل لمشاكل طال الزمن عليها، وكانت دمجاً متيناً لفكرتي القرن الفيزيائيتين: النسبية والميكانيك الكمومي.

جمع فينمان بين التألُّق النظري والشك المبتذل خلال حياته المهنية، ففي عام 1942، وبعدما حصل على الدكتوراه من جامعة برنستون بإشراف جون ويلر انضم إلى مشروع مانهاتن السري في لوس ألاموس في صحراء نيفادا لتطوير القنبلة النووية، وكان شاباً مجداً في الخامسة والعشرين من عمره، ولم يرهبه عمالقة الفيزياء من حوله مثل «نيلز بور وإنريكو فيرمي وهانز بيث»، ولا السرية المطلقة للمشروع. لم يكن يُثير أعصاب رجال الأمن سوى السهولة التي كان يفتح بها الخزن عن طريق الإصغاء أحياناً إلى الصوت الصادر عن الحركات الدقيقة لآلية القفل، وأحياناً أخرى عن طريق تخمين أي ثابتٍ فيزيائي اختاره مستخدم الخزنة كمجموعة للفتح (لم يتغير فينمان

منذ ذلك الوقت وقد تعلم الكثير من طلابه في Caltech مهارات فتح الخزن بالإضافة إلى الفيزياء*»

بعد انتهاء الحرب، عمل فينمان في جامعة كورنيل وهناك، كما يذكر في هذه المقابلة، كان بيث هو الحافز لأفكاره الخاصة بحل «مشكلة اللانهايات»، وقد كانت مسألة مستويات الطاقة الدقيقة للإلكترونات في روابط الهيدروجين والقوى بين الإلكترونات «التي تسير بشكلٍ سريع بحيث يجب أن تؤخذ التغيرات النسبية بعين الاعتبار» موضوعاً للعمل الرائد الذي استمر لمدة ثلاثة عقود. تؤكد النظرية أن كل إلكترون كان محاطاً «بجسيماتٍ افتراضية» عابرة جمعت طاقتها الكتلية من الفراغ، وهذه الجسيمات بدورها جمعت جسيمات أخرى، وكانت النتيجة عبارة عن سلسلة رياضية تنبأت بشحنة لا نهائية لكل إلكترون. اقترح توموناجا طريقة للالتفاف حول المشكلة عام 1943، وأصبحت أفكاره معروفة في الوقت الذي كان فيه فينمان في جامعة كورنيل وسكوينجر في جامعة هارفارد يتخذان نفس الخطوة الحاسمة، وقد اقتسم الثلاثة جائزة نوبل للفيزياء عام 1965 في ذلك الوقت كانت أدوات فينمان الرياضية «تكاملات فينمان» والرسوميات التي أوجدها لتعقب تأثرات

---

* (1929 ـ) الفائز بجائزة نوبل عام 1969 في الفيزياء لمساهماته واكتشافاته المتعلقة بتصنيف الجسيمات الأولية وتفاعلاتها. وفي عام 1964 طرح جلمان وج. زويج فكرة الكوارك التحرير.

الجسيم، جزءاً من أدوات أي فيزيائي نظري. ويقول العالم الرياضي ستانسلاف أولمان، وهو محارب قديم آخر من جماعة لوس ألاموس، عن رسوميات فينمان، أنها «مجموعة رموز تدفع الأفكار باتجاهٍ قد يكون مفيداً أو حتى مبتكراً وحاسماً». إن فكرة الجسيمات التي تنتقل نحو الخلف بالنسبة للزمن، مثلاً، هي ثمرة طبيعية لهذه المجموعة من الرموز.

في عام 1950 انتقل فينمان إلى Caltech في باسادينا، ولا تزال لهجته هي اللهجة الواضحة للنيويوركي المهاجر، ولكن يبدو جنوب كاليفورنيا هو الموطن المناسب له: ومن بين «قصص فينمان» التي يرويها زملاءه غرامه بلاس فيغاس وحياة الليل التي تطوف عموماً بخياله، ويقول فينمان «إن زوجتي لم تكن لتصدق أني قبلت دعوة لإلقاء كلمة في مكانٍ أُجبَر فيه على ارتداء السترة السوداء الرسمية» «وقد غيَّر ت رأيي عدة مرات». وفي مقدمة كتاب «محاضرات فينمان في الفيزياء»، وهو كتاب جامعي واسع الانتشار منذ أن جمعت محاضراته ونُشرت عام 1963، يظهر فينمان بتكشيرة مجنونة وهو يعزف على طبلٍ متطاول (يقال بأنه يستطيع أن يقرع 10 قرعات على الطبول الصغيرة بيد واحدة بينما يقرع 11 قرعة باليد الأخرى، جرّبها، ولسوف ترى أن الحركة الكهربائية الكمومية هي الأسهل).

من بين إنجازات فينمان الأخرى مساهماته في فهم تبدُّلات الطور للهليوم فائق التبريد، وعمله مع زميله في كلية Caltech

موراي جيلمان في تحلل بيتا للنواة الذرية، وهو يُشير إلى أن كلا الموضوعين لا يزالان بعيدين عن الحل النهائي، وفي الواقع هو لا يتردد في أن ينعت الحركة الكهربائية الكمومية نفسها «بالخداع» الذي يترك أسئلةً منطقيةً هامة دون أن يُجيب عليها، وأي نوع من الرجال هو الذي يستطيع القيام بعملٍ من هذا العيار مع تغذية أكثر الشكوك عمقاً؟ تابع القراءة واكتشف بنفسك.

أومني: يبدو هدف الشخص الذي ينظر إلى فيزياء الطاقة العالية من الخارج العثور على المكوّنات الجوهرية للمادة، وهو بحث يمكن تتبُّع آثاره حتى ذرة اليونانيين القدماء التي تعني الجسيم «غير القابل للانقسام» ولكن بوجود المسرعات الكبيرة فإنك تحصل على شذفات هي أكبر حجماً من الجسيمات التي بدأت بها وربما الكواركات التي لا يمكن فصلها أبداً، ما علاقة ذلك بالبحث؟

فينمان: لا أظن أبداً أن هذا هو البحث، فعلماء الفيزياء يحاولون أن يكتشفوا كيف تتصرف الطبيعة، كما يمكن أن يتكلموا بدون اكتراث حول «الجسيم الجوهري» لأن هذا هو الشكل الذي تبدو فيه الطبيعة في لحظةٍ معينة، ولكن. . . افترض أن الناس يقومون باكتشاف قارة جديدة، حسناً؟ فهم يرون الماء يسيل على سطح الأرض، وقد رأوا مثل ذلك سابقاً وسموه «الأنهار»، لذلك يقولون بأنهم سيتابعون الاستكشاف

للوصول إلى منابع الماء، ويتابعون الرحلة إلى أعالي النهر واثقين من أن كل شيءٍ يسير على ما يرام؟ ولكن يا للعجب!.. عندما يقطعون مسافةً كافية يجدون أن المنظومة كلها قد اختلفت فهناك بحيرة كبيرة أو ينابيع أو أن النهر يجري ضمن دائرة، عندها يمكن أن تقول: «أوه لقد فشلوا» ولكنهم لم يفشلوا! والدافع الحقيقي للقيام بهذا العمل هو استكشاف الأرض وإذا اتّضح أن ذلك لم يكن منبع النهر فقد يُحرَجون قليلاً بسبب إهمالهم في توضيح أنفسهم وليس أكثر من ذلك. وطالما أن الأشياء تبدو كما وُجدتِ أصلاً على شكل دوائر ضمن دوائر فأنت تبحث عن الدائرة الأعمق ـ ولكن الأمور قد لا تبدو كذلك، وفي هذه الحالة فأنت تبحث عن أي شيءٍ قد تجده.

أومني: ولكن بالتأكيد لا بد أن يوجد لديك بعض التخمين حول ما قد تجده، فهناك يوجد ما قد يكون عبارة عن سلاسل جبلية وأودية الخ...؟

فينمان: نعم، ولكن ماذا لو وصلت إلى هناك ووجدت أن المكان مغلّفٌ بالسحب؟ أنت تستطيع أن تتوقع أشياءً معينة وأن تتخيل طبوغرافية خط تقسيم المياه، ولكن ماذا لو وجدت نوعاً من الضباب وربما مع أشياءٍ تبرز منه بحيث لا تتمكن من التمييز بين الأرض والهواء؟ والفكرة التي بدأت منها تكون قد ولّت! وهذا من الأشياء المثيرة التي قد تحدث بين الحين والآخر. ومن الوقاحة أن يقول المرء «أننا سنجد الجسيم الجوهري أو

قوانين المجال الموحَّد» أو «ال» أي شيء. وإذا بدا هذا الأمر مفاجئاً فإن العالِم سيكون مسروراً، فأنت تعتقد أنه سيقول «آه إنه ليس كما توقَّعت فلا يوجد هناك جسيم جوهري وأنا لا أريد أن أستكشفه»؟ كلا ولكنه سيقول «ما هذا الشيء الموجود هناك إذاً؟».

أومني: أنت تتوقع على الأصح أن ترى ذلك يحدث؟

فينمان: إن كلمة على الأصح لا تُحدث أي فرق: فأنا أحصل على ما أحصل عليه. كما أنك لا تستطيع أن تقول أن الأمور ستكون دوماً مثيرة، فمثلاً منذ عدة سنوات كنت متشكِّكاً جداً فيما يتعلق بنظريات القياس* جزئياً لأني كنت أتوقع أن يكون التفاعل الذرِّي القوي أكثر اختلافاً من الحركة الكهربائية بشكلٍ أكبر مما يبدو عليه الآن. كنت أتوقع وجود الضباب ولكنها تبدو في النهاية أكثر شبهاً بالسلاسل الجبلية والأودية.

أومني: هل ستصبح النظريات الفيزيائية أكثر تجريداً ورياضيةً؟ هل يوجد اليوم فيزيائي نظري كما كان فاراداي في بداية القرن التاسع عشر، حيث لم يكن متعمِّقاً في الرياضيات ولكنه ذو حدسٍ قوي في الفيزياء؟

فينمان: أقول بأن الأرجح هو أني ضد هذا الطرح ولسببٍ

---

* عبارة عن نظريات تبحث التآثرات المختلفة بين الجسيمات دون الذرية (التحرير).

واحد يتمثَّل في أنك تحتاج إلى الرياضيات لتفهم ما تم عمله حتى الآن، وما بعد ذلك سيكون سلوك الأنظمة دون الذرية غريباً جداً مقارنةً بأنواع السلوك التي أوجدها العقل للتعامل مع هذا الموضوع. . . أي أن التحليل يجب أن يكون مجرداً جداً، بمعنى إنك إن أردت أن تفهم الجليد فعليك أن تفهم أشياءً هي بحد ذاتها تختلف عن الجليد. إن نماذج فاراداي كانت ميكانيكية، فهي عبارة عن نوابض وأسلاك وحزم مشدودة في الفضاء، وكانت صوره مستندةً إلى الهندسة الأساسية. أنا أعتقد أننا فهمنا كل ما استطعنا أن نفهمه من وجهة النظر هذه، وما وجدناه في القرن الحالي يختلف بشكلٍ كافٍ وغامض بشكلٍ كافٍ بحيث أن استمرار التقدم يتطلَّب قدراً كبيراً من الرياضيات.

أومني: هل يحد ذلك من عدد الأشخاص الذين يمكن أن يساهموا أو أن يفهموا ماذا يجري في هذا المجال؟

فينمان: وإلا سيُوجد شخصٌ ما طريقة تفكيره تتعلق بالمشكلات بحيث نتمكن من فهمها بسهولةٍ أكبر، وربما يقومون بتعليمها بسنٍ أبكر وأبكر، وأنت تعرف عدم صحة أن ما يدعى بالرياضيات «العويصة» هي صعبةٌ جداً. ولنضرب مثالاً ببرمجة الحاسوب والمنطق المتأنّي المطلوب في هذا المجال، وهو ذلك النوع من التفكير الذي يقول عنه الأب والأم أنه مخصَّص للأساتذة فقط. حسناً، إن هذا التفكير اليوم هو جزءٌ

من كثيرٍ من نشاطاتنا اليومية، وهو طريقة لكسب العيش، ولقد اهتم أطفالهم بهذا النوع من التفكير وحصلوا على الحواسيب التي استخدموها في كثيرٍ من الأشياء الرائعة والمجنونة.

أومني: ..بكل تلك الإعلانات الخاصة بمدارس البرمجة والموجودة على علب الثقاب!

فينمان: صحيح، أنا لا أعتقد بصحة الفكرة التي تقول بوجود بعض الأشخاص المميزين القادرين على فهم الرياضيات وأن بقية العالم طبيعي، إن الرياضيات هي اكتشافٌ إنساني، وهي ليست معقدة بحيث يصعب على الناس فهمها. لقد كان لدي كتاب في التفاضل والتكامل يقول: «ما يستطيع صاحب الموهبة أن يفعله يستطيع أي شخصٌ آخر أن يفعل مثله»، وقد يبدو أن ما استطعنا أن نستنبطه من الطبيعة هو أمرٌ مجرَّد وذو رهبة بالنسبة لشخصٍ لم يدرسه، ولكن أصحاب الموهبة هم الذين قاموا به وكل أصحاب الموهبة في الجيل القادم سوف يفهمونه.

هناك مَيل لإضفاء الأبهة والعظمة بحيث يبدو كل ذلك عميقاً وعويصاً. إن ابني يتبع دورةً في الفلسفة، وفي الليلة الماضية كنا ننظر إلى شيءٍ كتبه سبينوزا... إنه أكثر التعاليل طفوليةً! فهناك كل تلك النعوت وجوهر المادة وكل هذا اللغو الفارغ بحيث بدأنا نضحك. الآن كيف استطعنا أن نفعل ذلك؟

ها هو الفيلسوف الهولندي الكبير ونحن نسخر منه. إن الدافع لتصرفنا كان عدم وجود عذر له! وفي نفس تلك الفترة كان هناك نيوتن، وكان هناك هارفي الذي درس الدورة الدموية، كان هناك أشخاصٌ يستخدمون طرق التحليل التي مكَّنتنا من الوصول إلى التقدم! وأنت يمكنك أن تأخذ كل قضية من قضايا سبينوزا وتأخذ القضايا المناقضة، وانظر إلى العالم ولن تستطيع أن تعرف أي منها الأصح. بالتأكيد دَهَشَ الناس لأنه كان لديه الشجاعة للتصدي لمثل هذه القضايا الضخمة، ولكن الشجاعة لن تُثمر إذا لم تستطع الوصول إلى أي نتيجة عند بحث هذه القضايا.

أومني: في محاضراتك المنشورة أتت تعليقات الفيلسوف على العلم بالجملة ومن غير تمييز...؟

فينمان: ليست الفلسفة هي التي تستفزّني لكنها الأبهة والعظمة، وإذا سخر الفلاسفة من أنفسهم! أو قالوا «أظن أن المسألة تبدو كذلك» استخدم فون لايبزج هذه الطريقة وكان مصيباً في ذلك أيضاً. وإذا أوضحوا أن ما قدموه هو أفضل تشخيص.... ولكن قليلاً منهم يفعل ذلك، وبدلاً من ذلك يتمسكون باحتمال عدم وجود أي جسيم جوهري أساسي، ويقولون يجب أن توقف العمل وأن تتأمل وبعمقٍ شديد «لم تفكر بعمق كافٍ، لذلك يجب أن أُحدِّد لك العالم أولاً» لكني سوف أبحث فيها دون أن أحددها!

أومني: كيف تعلم أي المشاكل هي بالحجم المناسب للتصدِّي لها؟

فينمان: عندما كنت في المدرسة الثانوية كان لديَّ فكرة مفادها أنك تستطيع أن تأخذ أهمية المشكلة وتضربها رياضياً بالفرص المتاحة أمامك لحلها، وأنت تعرف كيف يكون الطفل ذو التوجه العقلي الفني التقني فهو يحب أمثلة كل شيء... وعلى كلٍ فأنت إن استطعت أن تحصل على المزيج الصحيح من هذه العوامل فلن تقضي بقية عمرك وأنت تتيه في حل أي مشكلة عويصة، أو تحل العديد من المشكلات الصغيرة التي يستطيع الآخرون حلها مثلك تماماً.

أومني: دعنا نبحث المشكلة التي نلت عليها مع سكوينجر وتوموناجا جائزة نوبل، حيث يمثل هؤلاء ثلاثة مفاهيم مختلفة: هل كانت المشكلة قد نضجت وأصبحت جاهزة للحل؟

فينمان: حسناً، لقد اخترِعت الحركة الكهربائية الكمومية في أواخر العشرينيات من قبل ديراك وآخرين بعد الميكانيك الكمومي بالذات، وكانت صحيحة من حيث الأساس، ولكنك عندما تشرع بالحساب الرياضي للأجوبة فإنك تحصل على معادلات معقَّدة صعبة الحل. وأنت تستطيع اللجوء إلى التقريب من الدرجة الأولى ولكنك عندما تُحاول تشذيبه وإدخال التصحيحات عليه تبدأ هذه المقادير اللانهائية بالظهور فجأة،

وكلنا يعرف أنها بقيت لمدة عشرين سنة في المرتبة الثانية في كل الكتب التي تبحث في النظرية الكمومية.

بعدها حصلنا على نتائج التجارب التي أجراها لامب* وريذرفورد** والمتعلقة بانزياح الطاقة لإلكترون ذرَّات الهيدروجين، وحتى ذلك الوقت كان التنبؤ التقريبي جيداً بصورة كافية، لكن يوجد لديك الآن رقم دقيق جداً وهو 1060 ميجا سايكل أو أي رقم كان، والكل يقول اللعنة! هذه المسألة يجب أن تُحل... فهم يعرفون أن النظرية تُعاني من مشاكل، ولكن يوجد الآن هذا الرقم الدقيق جداً.

لذلك أخذ هانز بيث هذا الرقم وأجرى بعض التقديرات في كيف يمكنك تجنُّب اللانهايات عن طريق طرح هذه النتيجة من تلك النتيجة، وبذلك تم لجم المقادير التي تنحو نحو اللانهاية، ويُحتمل أنها توقفت عند هذه المنزلة من الحجم، وقد توصَّل إلى رقم بحدود 1000 ميجا سايكل، وأنا أتذكر أنه دعا مجموعة من الناس إلى حفلة في منزله، في كورنيل، ولكنه استُدعي لاستشارته في بعض الأمور، وقد اتصل خلال الحفلة

---

* ويليز لامب (1913 ...) الفائز بجائزة نوبل للفيزياء عام 1955 لاكتشافاته المتعلقة بالبنية الدقيقة لطيف الهيدروجين (التحرير).

** روبرت س. ريذرفورد الفيزيائي الأمريكي التي أثبتت تجاربه عام 1947 مع ويليز لامب على انفصال الطاقة في الهيدروجين (إنزياح لامب) وساهمت في تطور الحركية الكهربائية الكمومية لتحرير.

وأخبرني أنه توصل إلى هذا الرقم في القطار، وعندما عاد ألقى محاضرةً حول هذا الأمر، وبيَّن كيف أن إجراء القطع هذا مكَّن من تجنُّب اللانهايات، ولكنه لا زال خاصاً بهذا الغرض بالذات ومربكاً، ثم قال: سيكون أمراً جيداً إذا كان باستطاعة أحدٌ ما أن يُبيِّن كيفية التحقُّق منه. ذهبت إليه بعد ذلك وقلت «حسناً هذا أمرٌ سهل وباستطاعتي أن أفعل ذلك» تصور، لقد بدأت بالحصول على أفكار حول هذا الموضوع عندما كنت في صف التخرج في الـ MTI وقد اخترعت جواباً في ذلك الوقت وكان خاطئاً بالطبع، تصور من هنا انطلقت أنا وسكوينجر وتوموناجا في إيجاد طريقة تُحوِّل هذا النوع من الإجراء إلى تحليلٍ متين ـ تقنياً، للمحافظة على الثابت النسبي خلال العمل بكامله. في ذلك الحين توصَّل توموناجا إلى اقتراح كيفية عمل ذلك وفي نفس الوقت كان سكوينجر يطوِّر طريقته الخاصة به.

وهكذا ذهبت إلى بيث بطريقتي الخاصة بعمل ذلك، والمُضحك في الأمر هو أني لم أكن أعرف كيف أتعامل مع أبسط المسائل العملية الخاصة بهذا المجال ـ كان يجب علي أن أتعلم منذ وقتٍ طويل، لكني كنت مشغولاً باللعب بنظريتي الخاصة بي ـ لذلك لم أكن أعرف كيف أتأكد من صحة أفكاري. وقد قمنا بالأمر سويةً على السبورة، وكان خاطئاً بل كان أسوأ من السابق. ذهبت إلى المنزل وفكَّرت وقرَّرت أن أتعلَّم كيف أحل الأمثلة، وكذلك فعلت. عدت إلى بيث

وعاودنا المحاولة من جديد ونجحنا. لم يكن باستطاعتنا أن نكتشف الخطأ الذي حدث في المرة الأولى... لكن يظهر أنها كانت غلطة غبية.

أومني: ما مقدار ما أعادتكم به إلى الوراء؟

فينمان: ليس كثيراً: ربما شهر. لقد استفدت كثيراً لأني راجعت ما قمت بعمله وأقنعت نفسي بضرورة نجاحه، وأن هذه الرسوميات التي اخترعتها لتُبقي الأمور في مسارها الصحيح قد نجحت فعلاً.

أومني: هل أدركت في ذلك الوقت بأنها دعيت «رسوميات فينمان» وأنها نشرت في الكتب؟

فينمان: كلا، لا ـ لكني أتذكر لحظة واحدة، كنت ألبس البيجاما وأعمل على الأرض وأوراقي متناثرة حولي وفيها هذه الرسوميات ذات المنظر الهزلي، والمؤلفة من بقع تبرز منها الخطوط المستقيمة، قلت لنفسي ألا يكون مضحكاً إذا كانت هذه الرسوميات مفيدةً، وأن يبدأ الناس باستعمالها فعلاً، وأن على مجلة Physical Review أن تطبع مثل هذه الصور السخيفة؟ بالطبع لم يكن باستطاعتي أن أتنبأ ـ في المقام الأول، ولم يكن لدي فكرة عن عدد الصور التي نُشرت في الـ Physical Review، وفي المقام الثاني لم يخطر ببالي أنه من خلال استعمال الناس لها لن تكون هزلية بعد الآن.

(عند هذه النقطة انفضت المقابلة وانتقلنا إلى مكتب البروفسور فينمان حيث رفضت المسجلة أن تعمل مرة أخرى، وبدا أن الشريط ومفتاح التشغيل وزر «التسجيل» كلها كانت على ما يرام، اقترح البروفسور فينمان إخراج شريط التسجيل وإعادته مرةً أخرى).

فينمان: ها هي ذا، وكما ترى يجب عليك أن تعرف عن العالم، وعلماء الفيزياء يعرفون عن العالم.

أومني: فكِّكها ثم اجمعها من جديد؟

فينمان: صحيح، يوجد هناك دائماً قليلاً من الأوساخ، أو اللانهاية، أو أي شيءٍ ما.

أومني: دعنا نتابع ذلك. أنت تقول في محاضراتك أن نظرياتنا الفيزيائية تعمل جيداً في توحيد الأصناف المختلفة للظواهر، ثم ظهرت الأشعة السينية أو الميزونات أو ما شابهها «هناك دائماً خيوط عديدة معلقة تبرز في كل الاتجاهات» هلاّ أخبرتنا عن بعض الخيوط الطليقة التي تراها اليوم في عالم الفيزياء؟

فينمان: حسناً، هناك كتل الجسيمات: حيث تُعطي نظريات القياس نماذج جميلة خاصة بالتآثرات، ولكن ليس بالكتل، ونحن نحتاج إلى فهم هذه المجموعة من القيم غير المنتظمة.

وبالنسبة للتآثرات الذرية القوية لدينا النظرية الخاصة بالكواركات والجلوونات الملونة*، وهذه النظرية دقيقة جداً ومعروضة بشكلٍ كامل، ولكن ببضع تنبؤات أساسية، ويصعب من الناحية التقنية الفنية القيام باختبارٍ حاسم لها، وهذا هو مكمن التحدي. وأنا أشعر من الناحية العاطفية بأن هذا هو الخيط الطليق. وعلى الرغم من عدم وجود دليل يعارض هذه النظرية، لكن لا يُحتمل أن نحقِّق أي تقدُّم ملحوظ حتى يكون باستطاعتنا أن نختبر التنبؤات الحاسمة بقيمٍ حاسمة.

أومني: وماذا عن علم الكون؟ ينص اقتراح ديراك على أن الثوابت الأساسية تتغير مع الزمن، أو الفكرة القائلة أن القانون الفيزيائي كان مختلفاً عند لحظة الانفجار الكبير؟

فينمان: سوف يؤدي ذلك إلى طرح العديد من الأسئلة. وحتى الآن، حاولت الفيزياء إيجاد القوانين والثوابت دون أن تسأل من أين أتت، ولكننا ربما نقترب من النقطة التي نُجبر فيها على البحث في التاريخ.

أومني: هل لديك أي ظنون حول هذا الموضوع؟

---

* «الملونة» هذه العبارة هي في الحقيقة اسم أطلقه الفيزيائيون على خاصية معينة للكواركات والجلوونات، ليس لأن لها لونٌ معين ولكن للرغبة في الحصول على اسمٍ أفضل (التحرير).

فينمان: كلا.

أومني: كلا على الإطلاق؟ ولا أميل إلى أحد الاتجاهين؟

فينمان: فعلاً، كلا. وهذه هي الطريقة التي أنا عليها بالنسبة لكل الأشياء تقريباً. لو سألت سابقاً عما إذا كنت قد فكرت بوجود الجسيم الجوهري، أو أن كل ذلك عبارة عن ضباب لأخبرتك بأنه ليس لدي أي فكرة عن ذلك. والآن، ولكي تعمل بجدٍ في أي موضوع، فيجب أن تُجبر نفسك على الاعتقاد بأن الجواب موجودٌ هناك، لذلك فسوف تبحث بشدة هناك، أليس كذلك؟ أي تجعل نفسك منحازاً أو ميالاً بصورة مؤقتة ـ ولكن وفي عقلك الباطن فأنت تضحك طول الوقت. انسَ ما تسمعه عن العلم بدون انحياز. هنا، وفي هذه المقابلة والكلام عن الانفجار الكبير فليس لدي أي انحياز ـ ولكني عندما أعمل فلدي الكثير منه.

أومني: انحياز لمصلحة... من؟ نحو التناظرية، البساطة....؟

فينمان: لصالح مزاجي في النهار. ففي أحد الأيام سأكون مقتنعاً بوجود نوع معين من التناظر يؤمن به الجميع، وفي اليوم التالي سوف أُحاول أن أحسب العواقب إذا لم يكن كذلك، وفيما إذا كان الجميع مجانين سواي. ولكن الشيء غير المعتاد

بالنسبة للعلماء الجيدين هو أنه مهما كان نوع الشيءِ الذي يفعلونه فهم ليسوا واثقين من أنفسهم كما يفعل الآخرون. فهم يستطيعون التعايش مع الشك المستمر من مبدأ «يحتمل أن يكون كذلك» ويعملون على هذا الأساس، مع علمهم طول الوقت أن الأمر كله «ربما». يجد كثيرٌ من الناس أن هذا الأمر صعب ويعتقدون بأنه يعني اللامبالاة أو البرود، هو ليس بروداً! لكنه فهمٌ أعمق وأدفأ، وهو يعني بأنك تقوم بالحفر في مكانٍ ما عندما تكون مقتنعاً، ولو بصورة مؤقتة، بأنك سوف تجد جواباً، ويأتي أحدهم ويقول لك «هل رأيت الشيء الذي حصلوا عليه هناك؟» ثم ترفع بصرك وتقول: «يا للمفاجأة إنني أبحث في المكان الخاطئ» وهذا يحدث دائما وفي كل الأوقات.

أومني: هناك شيٌ آخر يتكرَّر حدوثه كثيراً في الفيزياء الحديثة: وهو اكتشاف استخداماتٍ جديدة لأنواعٍ من الرياضيات كانت تُعتبر سابقاً «رياضياتٍ بحتة» مثل الجبر القالبي أو نظرية المجموعات. هل الفيزيائيين الآن أكثر تفتّحاً أو قبولاً مما كانوا عليه؟ هل تقلّصت فترة التلكؤ*؟

* فترة التلكؤ تعني الفترة الزمنية الفاصلة بين إيجاد الفكرة والاستفادة منها عملياً (المترجم).

فينمان: لم يكن هناك تلكؤٌ على الإطلاق. خذ مثلاً رباعيات هاملتون*: ألقى الفيزيائيون هذا النظام الرياضي القوي بعيداً، واحتفظوا بالجزء ـ وهو أتفه جزءٍ من الناحية الرياضية ـ الذي أصبح يسمَّى بالتحليل الموجَّه. ولكن عندما احتاجت القوة الكاملة للرباعيات لاستخدامها في الميكانيك الكمومي، أعاد باولي** اختراع النظام حالاً ولكن بشكلٍ جديد.

تستطيع الآن أن تنظر إلى الخلف وتقول أن منظومات باولي الدورانية وعوامل تشغيلها ما هي إلا رباعيات هاملتون... ولكن حتى ولو ركَّز الفيزيائيون على المنظومة لمدة تسعين عاماً فلن يتعدى الفرق عدة أسابيع.

عندما تُصاب بالمرض، مثل ورّام ويرنرز الحبيبي أو غيره من الأمراض، فإنك تفتش عنه في مرجع طبي. عندها ربما تجد نفسك تعرف عن المرض أكثر مما يعرفه طبيبك على الرغم من كل ذلك الوقت الذي أمضاه في كلية الطب... فكما ترى؟ من الأسهل أن تعرف عن موضوع محددٍ من أن تلم بالمجال كله، فالرياضيون يبحثون في كل الاتجاهات، ولكن الأسرع بالنسبة

---

* السير روان هاملتون (1805 ـ 1865) رياضي ايرلندي اخترع الرباعيات وهي بنية متناوبة خاصة بالكمية الممتدة والتحليل الموجه.

** وولفجانج باولي (1900 ـ 1958) الفائز بجائزة نوبل لعام 1955 في الفيزياء لاكتشافه مبدأ الاستبعاد ـ التحرير.

للفيزيائي الحصول على ما يريد من أن يحاول الإلمام بكل شيء يمكن أن يراه مفيداً. والمشكلة التي ذكرتها سابقاً، والتي تتمثَّل بالصعوبات التي نواجهها في التعامل مع معادلات نظريات الكوارك، هي مشكلة خاصة بعلماء الفيزياء ـ ونحن سنقوم بحلِّها، وعندما نحلُّها فإننا ربما نستخدم الرياضيات. هذه حقيقة رائعة، والشيء الذي لا أفهمه هو أن الرياضيين بحثوا في المجموعات وغيرها قبل بحثها في الفيزياء ـ ولكن بالنسبة لسرعة التقدم في الفيزياء، فأنا لا أظن أنها بهذا القدر من الأهمية.

أومني: هناك سؤال آخر يتعلَّق بمحاضراتك: ذكرت أن «الحقبة العظيمة التالية بالنسبة ليقظة الفكر الإنساني يمكن أن تستنبط طريقة في فهم المحتوى النوعي للمعادلات» فماذا تقصد بذلك؟

فينمان: في ذلك المقطع كنت أتحدث عن معادلة سكرودنجر*، والآن يمكنك الدخول من تلك المعادلة إلى الذرَّات المرتبطة مع بعضها بجزيئات، وإلى التكافؤ الكيميائي ـ ولكن عندما تنظر إلى المعادلة، فإنك لا ترى شيئاً من ذلك

* ايروين سكرودنجر (1887 ـ 1961) الفائز بجائزة نوبل للفيزياء لعام 1933) مع ب.آ.م.ديراك) لاكتشافه أشكال جديدة منتجة من النظرية الذرية. (التحرير).

العدد الكبير من الظواهر التي يعرفها عالم الكيمياء، أو تلك الفكرة القائلة أن الكواركات مرتبطة بشكلٍ دائم لذلك لا يمكنك الحصول على كوارك حر ـ ربما تستطيع وربما لا تستطيع، ولكن النقطة هي أنه عندما تنظر إلى المعادلات التي من المفترض أن تشرح سلوك الكوارك، فإنك لا ترى لماذا يجب أن تكون كذلك. انظر إلى المعادلات الخاصة بالقوى الذرية والجزيئية في الماء، أنت لا تستطيع أن ترى الطريقة التي يتصرَّف بها الماء، ولا تستطيع رؤية الاضطراب.

أومني: يولد ذلك الكثير من الأسئلة الخاصة بالاضطراب لدى أناسٍ مثل علماء الأرصاد الجوية وعلماء المحيطات والجيولوجيين ومصممي الطائرات ـ فهو نوعٌ من الورطة، أليس كذلك؟

فينمان: بالتأكيد، وربما يكون أحد هؤلاء المتورِّطين من النوع الذي يجد نفسه مُحبطاً بشكلٍ يدفعه لفهمها، وعند هذه النقطة سوف يجد نفسه يتعامل مع الفيزياء. بالنسبة للاضطراب، فإن الأمر ليس مجرَّد نظرية فيزيائية لها قدرة على التعامل مع المسائل البسيطة فقط ـ نحن لا نستطيع أن نفعل أي شيء. وليس لدينا أي نظرية أساسية جيدة على الإطلاق.

أومني: ربما يعود ذلك إلى الطريقة التي كتبت بها الكتب المدرسية، ولكن يظهر أن عدداً قليلاً من الناس خارج الأوساط

العلمية يعرفون السرعة التي تخرج فيها المسائل الفيزيائية المعقَّدة فعلاً عن السيطرة طالما بقيت الأمور محصورةً بالمجال النظري فقط.

فينمان: هذا تعليمٌ سيءٌ جداً. فالدرس الذي تتعلَّمه عندما تنمو خبرتك في الفيزياء هو أن ما نستطيع أن نفعله هو جزءٌ صغير مما يوجد هناك. فنظرياتنا بالفعل محدودةٌ جداً.

أومني: هل يتباين الفيزيائيون كثيراً في قدرتهم على رؤية النتائج النوعية لمعادلةٍ ما.

فينمان: أوه، نعم - ولكن لا يوجد أحد يُتقن ذلك بشكلٍ جيد جداً. يقول ديراك: لكي تفهم مسألة فيزيائية فإن ذلك يعني أنك قادرٌ على رؤية الجواب بدون حل المعادلات. ربما يكون مبالغاً، وربما يكون حل المعادلات عبارة عن خبرة تحتاجها للوصول إلى الفهم - ولكنك إلى أن تتمكن من الوصول إلى مرحلة الفهم الجيِّد فإنك تقوم بحل المعادلات فقط.

أومني: كونك أستاذاً، ماذا تستطيع أن تفعل لتشجِّع تلك المقدرة؟

فينمان: لا أعرف. ليس لدي وسيلة للحكم على الدرجة التي أنفذ فيها إلى طلاَّبي.

أومني: هل يستطيع مؤرخو العلوم يوماً ما أن يتتبَّعوا الحياة المهنية لطلابك كما فعل الآخرون بالنسبة لطلاب رذرفورد وفيرمي؟

فينمان: أشك في ذلك. لقد خاب أملي في طلابي طول الوقت. فأنا لست أستاذاً من النوع الذي يعرف ماذا يفعل.

أومني: لكنك تستطيع أن تتعقَّب التأثيرات بالطريقة المعاكسة، مثلاً: تأثرك بهانز بيث أو جون ويلر...؟

فينمان: بالتأكيد. لكني لا أعرف التأثير الذي أحصل عليه. ربما تكون شخصيتي التي تأثَّرت فقط، فأنا لا أعرف، فأنا لست طبيباً نفسياً أو عالم اجتماع، وأنا لا أعرف كيف أفهم الناس، بما في ذلك نفسي. وتستطيع أن تسأل نفسك كيف يستطيع هذا الفتى أن يدرس، كيف يمكن أن يكون لديه دافع إذا لم يكن يعرف ماذا يفعل؟ وفي الحقيقة، أنا أحب التدريس، وأحب أن أفكِّر بطرق جديدة لاستخدامها في النظر إلى الأشياء عندما أشرحها، لجعلها تبدو بصورة أوضح ـ لكني ربما لا أجعلها أوضح. ويُحتمل أن يكون ما أفعله هو عبارة عن تسلية للنفس.

تعلَّمت أن أعيش دون أن أعرف. أنا لست مضطراً لأن أتأكد من أني أنجح، وكما قلت سابقاً حول العلم، أظن أن حياتي قد أصبحت ممتلئة أكثر لأني أُدرك أني لا أعرف ماذا أفعل. أنا سعيدٌ برحابة هذا العالم!

أومني: عندما عدنا إلى المكتب، توقفت لتبحث في محاضرة كنت تعطيها عن الرؤية الملوَّنة. وهذا الموضوع بعيدٌ

جداً عن الفيزياء الأساسية، أليس كذلك؟ ألا يقول الفسيولوجيون أنك «تقوم بعملية انتهاك»؟

فينمان: الفسيولوجيا؟ يجب أن تكون الفسيولوجيا؟ انظر، أعطني قليلاً من الوقت وسوف أُلقي محاضرة عن أي شيءٍ في الفسيولوجيا. وسأكون سعيداً بدراستها واكتشاف كل شيءٍ يتعلَّق بها، كما أني أستطيع أن أضمن لك أنها سوف تكون مُمتعة جداً، أنا لا أعرف شيئاً، ولكني أعرف أن كل شيءٍ سيكون مُمتعاً إذا دخلت إليه بعمقٍ كاف.

إن ابني هو مثلي، أيضاً، ومع أن اهتماماته أوسع من اهتماماتي عندما كنت في سنه، فهو مهتمٌ بالسحر، وببرمجة الكمبيوتر، وبتاريخ الأبراج القديمة، وبالطوبولوجيا ـ أوه، سيكون وقته عصيباً لأنه يوجد الكثير من الأشياء الممتعة. نحن نحب أن نجلس ونتحدث عن كيف يُمكن أن تكون الأشياء مختلفة عما نتوقع، خذ مثلاً هبوط مركبة الفايكنج على كوكب المريخ، كنا نحاول أن نفكِّر بعدد أشكال الحياة التي يُمكن أن توجد على ذلك الكوكب ولم تستطع تلك الأداة اكتشافها. نعم، هو يشبهني كثيراً، لذلك تمكَّنت على الأقل من أن أنقل إليه الفكرة التي تقول بأن كل شيءٍ ممتع لشخص واحدٍ آخر على الأقل.

طبعاً، أنا لا أعلم إن كان ذلك شيءٌ جيد أم لا. . .

10

علم طائفة عبادة الشحن

بعض الملاحظات عن العلم، العلم الزائف، وتعلم كيفية عدم خداع النفس

الخطاب الذي ألقي في حفل التخرج وتوزيع الشهادات الجامعية في كلية Caltech

سؤال: ما علاقة الأطباء السحرة، وال ESP، وسكان البحار الجنوبية، وقرون وحيد القرن، وزيت WESSON بحفل التخرُّج من الكلية؟

جواب: ما سبق هي أمثلة يستخدمها فينمان الحاذق ليُقنع المتخرجين المغادرين أن الأمانة في العلم هي أكثر مردوداً من كل الشهرة والمجد والنجاحات المؤقتة في هذا العالم. وفي

هذا الخطاب للصف الدراسي في Caltech لعام 1974، يُعطي فينمان درساً في التكامل العلمي في وجه ضغط الأنداد ووكالات التمويل البرَّاقة.

وجدت في العصور الوسطى كل أنواع الأفكار المجنونة، مثال: إن قطعة من قرن الكركدن تزيد من القوة الجنسية، (وهناك فكرة مجنونة أخرى عائدة للعصور الوسطى تتمثَّل في القبعات التي نرتديها اليوم ـ والتي تُعتبر واسعةً جداً بالنسبة لي.

ثم اكتشفت طريقة لفصل هذه الأفكار ـ أي محاولة تجربة إحداها لرؤية هل يُمكن أن تصلح، وإذا لم تصلح الفكرة فمن الأفضل التخلص منها. وقد أصبحت هذه الطريقة منظَّمة فيما بعد، طبعاً، على شكل علم. ثم تطوَّرت بشكلٍ جيِّد بحيث أصبحنا اليوم في عصر العلم. وفي الحقيقة هو عصر علمي نجد فيه صعوبةً في فهم كيف وُجِد الأطباء السحرة، حيث أن كل الأشياء التي أتوا بها لم يصلح منها إلا القليل.

إلى الآن، أُقابل كثيراً من الناس الذين يُرغمونني، بشكلٍ أو بآخر، على الدخول في نقاشات حول الـ UOFs (الأطباق الطائرة)، التنجيم، أو شكلٌ ما من الروحانيات، الصحو المديد، أنواع جديدة من الوعي، أو الـ ESP وما إلى ذلك8 وتوصَّلت في النهاية إلى أن هذا العالم ليس بالعالم العلمي.

دفعني اعتقاد الناس في أشياء رائعة كثيرة إلى أن أبحث في

السبب الذي يدفعهم إلى ذلك، وقد سبَّب ما أشير إليه من حبي للاستطلاع والبحث تورُّطي في صعوباتٍ عديدة. لأني وجدت كثيراً من الهراء الذي يجب أن أتحدث عنه ولكني لا أستطيع أن أقوم بذلك في هذا المقام. إني مُرتبك، فقد قُمتُ أولاً بالبحث في الأفكار المختلفة للروحانيات والخبرات الروحية حيث ذهبت إلى أحواض العزلة (أحواضٌ مظلمة وهادئة تعوم فيها في الملح الإنكليزي) وقضيت ساعاتٍ عديدة في الهذيان بحيث استطعت أن أعرف شيئاً ما عن ذلك، ثم ذهبت إلى Esalen وهي عبارة عن مرتع لهذا النوع من الأفكار (مكانٌ رائع أنصح الجميع بزيارته) ثم أصبحت مرتبكاً بحيث لم أعد أدرك كم عدد هذه الساعات.

وعلى سبيل المثال كنت جالساً في مغطس حار وهناك فتىً وفتاة في المغطس، قال الفتى للفتاة: «إني أتعلَّم التدليك»! هل أستطيع أن أتدرَّب عليك؟ قالت الفتاة: حسناً، نهضت الفتاة إلى الطاولة وبدأ بقدميها عند الإبهام الكبير وأخذ يُحرِّكه قليلاً، ثم استدار إلى من يبدو أنه مدرِّبه وقال: أشعر بوجود نوعٍ من الانتفاخ، هل هو الغدة النخامية؟ ردَّت الفتاة وقالت: لاً هذا ليس شكلها. قلت: «أنت بعيدٌ جداً أيها الرجل عن الغدة النخامية». نظر الاثنان إليَّ ـ فقد كشفت نفسي كما ترون ـ وقالت الفتاة «إنه علم الإنعكاس»، لذلك أغمضت عيني وبدوت وكأنني أتشفَّع لنفسي.

هذا مثال فقط عن ذلك النوع من الأشياء التي تُربكني، فتَّشت أيضاً عن الإدراك ما فوق الحسِّي وظواهر التخاطر، وكان Uri Geller آخر بدعة في هذا المجال وهو رجلٌ يفترض فيه أن يلوي المفاتيح عن طريق لمسها بإصبعه، فحينما ذهبت إلى غرفته في الفندق بناءاً على دعوته لرؤية عرضٍ يتضمن قراءة الأفكار وليّ المفاتيح لم يستطع أن يقوم بأي عمليةٍ ناجحة لقراءة الأفكار «لا يوجد أي شخصٍ يستطيع قراءة أفكاري على ما أعتقد»، وأمسك ابني بالمفتاح ولمسه Geller ولم يحدث أي شيء. ثم أخبرنا أن الأمر يجري بصورةٍ أفضل تحت الماء. يُمكنكم الآن تصورنا ونحن واقفون في الحمام والماء يجري على المفتاح وهو يفركه بإصبعه ولكن لم يحدث أي شيء لذلك، لم أكن قادراً على أن أتحقَّق من تلك الظاهرة.

عندها بدأت أفكِّر بماهية البديل الذي نعتقد به؟ (فكرت وقتها بالأطباء السحرة وكم من السهل التحقُّق منهم عن طريق ملاحظة أن أياً من ادعاءاتهم غير ناجحة)، ووجدت أن هناك أشياءً يؤمن بها كثيرٌ من الناس وكمثالٍ عنها تلك الأشياء التي لدينا بعض المعرفة بكيفية تدريسها. هناك مدارس كبيرة متخصِّصة في طرق تدريس القراءة والرياضيات وغيرها... ولكنكم إذا انتبهتم فسترون أن علامات القراءة تستمر في الانخفاض ـ أو بالكاد ترتفع ـ على الرغم من حقيقة أننا نستمر في استخدام نفس هؤلاء الأشخاص في تحسين هذه الطرق.

هذا هو علاج الطبيب الساحر وبدون أي فائدة، وهنا يجب أن نمعن النظر في هذه المسألة: كيف يعلمون أن طريقتهم يجب أن تنجح؟. ومثالٌ آخر عن كيفية معاملة المجرمين، حيث يبدو بوضوح أننا لم نحرز أي تقدم ـ كثيرٌ من التنظير ولكن دون تقدم ـ في تخفيض عدد الجرائم باستخدام الطريقة التي اعتدنا أن نعامل بها المجرمين.

ومع ذلك يقال بأن هذه الأشياء علمية ونحن ندرّسها، أظن أن الناس العاديين من ذوي الأفكار المعقولة يروَّعون بهذا العلم الزائف. وعلى سبيل المثال هناك معلمة لديها معرفة جيدة بكيفية تعليم أطفالها القراءة، لكنها أُجبرت من قِبَل النظام المدرسي على استخدام طريقة أُخرى ـ أو حتى أنها خُدعت من قبل هذا النظام حتى تظن أن طريقتها ليست بالضرورة هي الطريقة الجيدة ـ أو أن الأم التي لديها عددٌ من الأولاد المشاغبين ستشعر بالذنب بقية حياتها بعد مُعاقبتهم بطريقة أو أخرى لأنها لم تفعل الشيء المناسب حسب رأي الخبراء.

لذلك يجب علينا أن نبحث في النظريات التي لا تصلح، وفي العلم الذي ليس هو بعلم.

حاولت أن أجد مبدأً يصلح لاستخدامه في اكتشاف المزيد من هذه الأشياء وقد خرجت بالنظام التالي: في أي وقتٍ تجد فيه نفسك في نقاشٍ في حفلة كوكتيل، والتي تشعر فيها بأنك

مرتاح، وتأتي المضيفة وتقول «لماذا يتحدث الأصدقاء عن تجارتهم؟» أو تأتي زوجتك وتقول: «لماذا تغازل من جديد؟» عندها تتأكد أنك تتحدث في موضوعٍ لا يعلم أحدٌ عنه أي شيء.

اكتشفت باستخدام هذه الطريقة مزيداً من الموضوعات الجديدة التي كنت قد نسيتها ـ من بينها فعالية مختلف أشكال العلاج النفسي ـ لذلك بدأت بالبحث في المكتبة وما شابهها، ولديَّ الكثير مما أُخبركم به، ولكن ليس كله، وأنا مضطرٌ لأن أحصر نفسي بعدة أمورٍ صغيرة، وسأركِّز على الأمور التي يؤمن بها كثيرٌ من الناس، وربما سأُلقي في العام القادم عدداً من المحاضرات عن كل هذه المواضيع ولكنني أعتقد بأنها ستأخذ وقتاً طويلاً.

أظن أن الدراسات التعليمية والنفسية التي ذكرتها من قبل هي أمثلة عما أُريد أن أدعوه علم طائفة عبادة الشحن*. في البحار الجنوبية توجد طائفة عبادة الشحن، وخلال الحرب رأى أتباع الطائفة الطائرات تهبط وعلى متنها الكثير من الأشياء الرائعة، وهم يريدون أن يتكرَّر حدوث نفس هذا الشيء الآن،

---

* طائفة عبادة الشحن: هي من الطوائف البدائية المتعددة ذات الطبيعة الألفية والتخليصية، الموجودة في جزر المحيط الهادي الجنوبي الغربي والتي تعتقد بأن الأرواح ستجلب شحناتٍ كبيرة من البضائع الحديثة لتوزع على أتباعها (المترجم).

لذلك قاموا بعمل أشياء تُشبه المدارج ووضعوا المشاعل على أطرافها وبناء كوخ خشبي ليجلس فيه أحد الرجال وعلى رأسه قطعتان من الخشب تماثلان سمّاعات الرأس، وقطعتان من الخيزران تبرزان كالهوائيات ـ بٱعتباره هو المتحكم ـ وينتظرون أن تبدأ الطائرات بالهبوط لأنهم قاموا بما عليهم بشكلٍ صحيح فالشكل العام متكامل ويبدو وكأنه نسخة طبق الأصل عما كان عليه سابقاً ولكنه لا يعمل لأن الطائرات لم تهبط. لذلك أدعو هذه الأشياء بعلم عبادة الشحن لأنهم اتبعوا كل الأمور الحسيَّة الظاهرة وكل أشكال البحث العلمي ولكنهم يفتقدون شيئاً أساسياً لأن الطائرات لا تهبط.

طبعاً أجد الآن لزاماً عليَّ أن أُخبركم عن الشيء الذي يفتقدونه ولكني أجد صعوبةً في كيفيَّة التوضيح لسكان جزر البحار الجنوبية كيف يجب أن يقوموا بترتيب الأمور بحيث يحصلون على بعض الغنى في نظامهم وهذا ليس سهلاً كإخبارهم بكيفية تحسين شكل سمَّاعات الرأس ولكن هناك ميزة واحدة أُلاحظ أنها مفقودة بشكلٍ عام في علم عبادة الشحن وهي الفكرة التي نتمنَّى جميعاً أنكم كنتم قد تعلَّمتموها حين درستم العلوم في المدرسة ـ ولن نعلن عنها بصراحة ولكننا نأمل أن تُدركوها من خلال كل أمثلة البحث العلمي، لذلك يكون من المُمتع أن نستخرجها الآن ونتكلَّم عنها بصراحة إذ أنها نوع من التكامل العلمي ومبدأ من التفكير العلمي الموافق لنوع من

الأمانة المطلقة ـ كما أنها نوع من بذل أقصى الجهد. فمثلاً إذا كنتم تقومون بعمل تجربة فعليكم أن تكتبوا في التقرير كل الأشياء التي يمكن أن تجعلها غير صالحة ـ وليس الشيء الذي تظنون أنه صالحٌ فيها بالإضافة إلى الأسباب الأخرى التي يمكن أن توضح نتائجكم والأشياء التي تظنون أنها أُزيلت في تجربة ما وكيف نجحت ـ لتتأكدوا من أن زملائكم الآخرين يقولون بأنها أُزيلت فعلاً.

إن التفاصيل التي يمكن أن تُلقي ظلالاً من الشك على تفسيراتكم يجب أن تُعطى إذا كنتم تعرفونها ويجب أن تبذلوا ما بوسعكم ـ إذا علمتم بوجود خطأ أو احتمال للخطأ ـ لتوضيحه وإذا قمتم بصياغة نظرية وأعلنتم عنها مثلاً أو ألغيتموها فيجب أن تضعوا كل الحقائق التي لا تتوافق معها بالإضافة إلى الحقائق الموافقة. وهناك مسألة دقيقة أخرى فعندما تقومون بجمع الكثير من الأفكار معاً للوصول إلى نظرية متقدمة يجب أن تتأكدوا، عندما تشرحون ما الذي يُناسبها، إن الأشياء التي تناسبها هي ليست فقط الأشياء التي قادتكم إلى فكرة النظرية ولكن النظرية النهائية تُعطي شيئاً آخر يخرج مباشرةً مضافاً إليها.

باختصار إن الفكرة أن تحاولوا تقديم كل المعلومات بهدف مساعدة الآخرين في الحكم على مساهماتكم، وليس فقط المعلومات التي تقود الآخرين للحكم باتجاهٍ معين أو آخر.

إن أسهل طريقة لشرح هذه الفكرة هي مقارنتها مثلاً مع الدعاية. فخلال الليلة الماضية سمعت أن زيت WESSON لا يتشرَّبه الطعام، نعم هذه حقيقة وليست غشاً، ولكن الشيء الذي أتكلم عنه هو ليس مجرَّد مسألة كونك غشاشاً ولكنها مسألة تتعلق بالتكامل العلميّ، والحقيقة التي يجب إضافتها لعبارات ذلك الإعلان أنه لا يوجد زيت يتغلغل في الطعام إذا تم العمل به عند درجة حرارة معينة وإذا تم العمل به عند درجة حرارةٍ أخرى فستتغلغل كل أنواع الزيوت بما فيها زيت WESSON لذلك فإن الانطباع هو الذي تم نقله وليس الحقيقة التي تُعتبر صحيحة، والفرق بين درجات الحرارة هو الذي يجب أن نتعامل معه.

لقد تعلَّمنا من الخبرة بتلك الأمور أن الحقيقة سوف تظهر وأن المجرّبين الآخرين سوف يكرِّرون تجربتكم ليعرفوا فيما إذا كنتم على خطأ أو صواب. وقد تتَّفق الظاهرات الطبيعية وقد لا تتَّفق مع نظريتكم، وعلى الرغم من أنكم سوف تجنون بعض الشهرة والإثارة، لكنكم لن تحصلوا على سمعة جيِّدة كعلماء إذا لم تحاولوا أن تكونوا حذرين جداً في هذا النوع من العمل، وهذا النوع من التكامل والحرص هو الذي سيُبعدكم عن خداع النفس، وهذا الشيء مفقود إلى حدٍ كبير في معظم الأبحاث التي تتم في نطاق علم عبادة الشحن.

طبعاً، ومعظم الصعوبات التي تواجههم هي صعوبات

تتعلَّق بالموضوع وعدم ملاءمة الطريقة العلمية له. ومع ذلك يجب ملاحظة أن هذه ليست هي الصعوبة الوحيدة وهذا هو السبب الحقيقي في أن الطائرات لا تهبط ـ وهي فعلاً لا تهبط.

لقد تعلَّمنا الكثير من التجربة عن كيفية التعامل مع بعض الطرق التي نخدع بها أنفسنا، وأحد الأمثلة على ذلك يتضح في قيام ميليكان بقياس الشحنة الموجودة على الإلكترون باتباع تجربة قطرات الزيت المتساقطة وحصل على جواب نعرف الآن أنه غير دقيق، فهو منزاحٌ قليلاً عن قيمته لأنه استخدم القيمة غير الصحيحة للزوجة الهواء. من المُمتع أن ننظر إلى تاريخ القياس لشحنات الإلكترون بعد ميليكان فإذا رسمتم الإلكترونات كتابع للزمن ستجدون أنها أكبر قليلاً من القيمة التي توصَّل إليها ميليكان والقيمة التالية سوف تكون أكبر منها والتالية لها أكبر قليلاً إلى أن تستقروا في النهاية على رقم يكون أكبر من الواقع.

لماذا لم يكتشفوا أن الرقم الجديد كان كبيراً في ذلك الوقت مباشرةً؟ إنه شيءٌ يخجل العلماء منه ـ أوه هذا التاريخ ـ لأنه من الواضح أن الناس يفعلون أشياء مثل هذه، فعندما يحصلون على رقم كبير جداً بالنسبة لرقم ميليكان يظنون أنه لا بد من وجود خطأٍ ما ـ وسوف يبحثون ويجدون سبباً ما يفسِّر وجود هذا الخطأ وعندما يحصلون على رقم أقرب إلى قيمة ميليكان فإنهم لا يبحثون بجدية وهكذا فإنهم يحذفون الأرقام

البعيدة جداً ويفعلون أشياءً أخرى مثل ذلك. لقد تعلَّمنا هذه الخدع وليس لدينا الآن هذا النوع من المرض.

ولكن هذا التاريخ الطويل في تعلُّم كيفية عدم خداع النفس ـ والحصول على التكامل العلمي الصريح ـ هو، وأنا آسفٌ لقول ذلك، شيٌ لم نضمّنه بشكلٍ خاص في أي منهجٍ معيَّن أعرفه ونأمل أن نحصل عليه عن طريق التناضح.

يتمثَّل المبدأ الأول في عدم خداع النفس ـ وأنتم أسهل من يخدع ـ في أنه يجب عليكم أن تكونوا حذرين جداً بالنسبة لهذا الأمر، بعد أن ابتعدتم عن خداع النفس فمن السهل عدم خداع العلماء الآخرين ويجب عليكم بعد ذلك أن تكونوا صادقين بالطريقة العادية.

وأريد أن أُضيف شيئاً ليس ضرورياً للعالِم ولكنه شيءٌ أؤمن به يتمثَّل في الابتعاد عن خداع الإنسان العادي عندما تتكلمون كعلماء، أنا لا أحاول أن أُخبركم عما تفعلونه بالنسبة لخداع زوجاتكم أو صديقاتكم أو أي شيءٍ من هذا القبيل، ولكنكم عندما لا تحاولون أن تكونوا علماء تحاولون فقط أن تكونوا بشراً عاديين. حسناً دعوا هذه المشكلات، فأنا أحاول أن أتحدث عن نوعٍ معينٍ إضافي من التكامل يتمثل في عدم الكذب وبذل الجهدِ لتظهروا احتمالية خطئكم وهذا شيءٌ يجب عليكم أن تقوموا به باعتباركم علماء. هذه مسؤوليتنا كعلماء

وبالتأكيد مسؤوليتنا تجاه العلماء الآخرين وأظنها كذلك أيضاً بالنسبة للناس العاديين.

فمثلاً فوجئت قليلاً عندما كنت أتحدث أمام صديقٍ لي يريد أن يتكلم في برنامجٍ إذاعي ويعمل في مجال علم الكون والفلك، وكان يتساءل عن كيفية شرح ماهية تطبيقات هذه العلوم، فقلت «حسناً» لا يوجد أي تطبيق فقال «نعم ولكننا لن نحصل على الدعم المطلوب للقيام بمزيدٍ من الأبحاث في هذا المجال» وأنا أظن أن ذلك هو نوعٌ من عدم الأمانة فإذا كنت تُظهر نفسك كعالم فيجب أن تُوضح للناس العاديين ماذا تفعل، وإذا رفضوا تقديم الدعم لك تحت هذه الظروف فهذا هو قرارهم.

ومثالٌ آخر عن هذا المبدأ: إذا قرَّرت أن تختبر نظرية أو أردت أن تشرح فكرة ما فيجب عليك دائماً أن تقرِّر نشرها مهما كانت النتيجة، وإذا نشرنا النتائج من نوعٍ معينٍ فقط، فإننا نجعل النقاش يبدو جيداً لكننا يجب أن ننشر كلا النوعين من النتائج.

فمثلاً ـ لنعُد من جديد إلى الإعلان ـ افترض أن نوعاً معيناً من السجائر له خاصية معيَّنة كانخفاض نسبة النيكوتين ـ يُعلن عن هذه الخاصية على نطاقٍ واسع من قبل الشركة التي تنتجها على أن ذلك جيدٌ لك ـ ولا يقولون مثلاً: أن القطران هو عبارة عن نسب مختلفة، أو أن هناك شيئاً آخر هو المهم قوله بالنسبة

للسيجارة، وبعبارةٍ أخرى فإن احتمالية النشر تعتمد على الجواب وهذا يجب ألا يكون.

وأنا أقول أن هذا الأمر مهمٌ في إسداء أنواع معينة من النصائح للحكومة. افترض أن أحد أعضاء مجلس الشيوخ طلب منك نصيحةً حول ضرورة حفر حفرة في تلك الولاية وقرَّرت أن من الأفضل حفرها في ولايةٍ أخرى فإذا لم تنشر مثل هذه النتيجة فيبدو لي أنك لم تعط نصيحة علمية فحينئذٍ تكون قد استغللت من قبل الآخرين. وإذا تَصادف وكان جوابك في الاتجاه الذي تسير عليه الحكومة أو ما شابهها من السياسيين فإن ذلك سوف يُستخدم كنقطة لصالحهم، وإذا جاءت رغبتك في الاتجاه الآخر فلن ينشروها على الإطلاق وهكذا فإن عدم النشر لن يعطي أي نصيحةٍ علمية.

هناك أنواعٌ أخرى من الأخطاء أكثر خصوصية بالنسبة للعلم الضعيف فعندما كنت في كورنيل تحدثت مع الأشخاص الموجودين في قسم علم النفس، وقد أخبرتني إحدى الطالبات أنها تريد أن تقوم بتجربة تسير نوعاً ما على النحو التالي ـ لا أذكرها بالتفصيل ـ حيث وُجد من قبل الآخرين أنه تحت الشروط X تعمل الفئران A، وكان الفضول يدفع الطالبة لتغيير الشروط إلى Yفهل تفعل الفئران ما اعتادته في A فكان اقتراحها أن تقوم بعمل التجربة تحت الشروط Y لترى فيما إذا بقيت A تحدث.

شرحت لها أنه من الضروري أولاً أن تعيد في مختبرها التجربة التي قام بها الشخص الآخر ـ أي القيام بها تحت الشروط X لترى فيما إذا كان بإمكانها الحصول على A ثم تبدَّل إلى Y لترى.فيما إذا تغيرت A، ثم تستطيع الطالبة بعد ذلك أن تعلم أن الفرق الحقيقي كان هو الشيء الذي ظنَّت أنها تتحكم به.

سَعِدت جداً بهذه الفكرة الجديدة وذهبت إلى أستاذها فكان جوابه: لا، لا يمكنكِ عمل ذلك، لأن التجربة تمت بالفعل وبذلك ستضيعين الوقت. كان ذلك حوالي عام 1935 أو نحو ذلك وكانت السياسة العامة السائدة آنذاك على ما يبدو ألا يحاول أحدٌ إعادة التجارب النفسية وأن التغيير يجب أن ينحصر في الشروط فقط ثم انتظار ماذا سيحدث.

واليوم يحدث خطرٌ من النوع نفسه حتى في عالم الفيزياء المشهور، وقد صُعقت عندما سمعت عن تجربة أُجريت في المسرِّع الكبير في المختبر الوطني للمسرِّعات حيث قام شخصٌ ما باستعمال الديوتوريوم ليُقارن نتائجه المتعلقة بالهيدروجين الثقيل فيما يمكن أن يحدث مع الهيدروجين الخفيف إذا استعمل معه الديوتوريوم والذي تم باستخدام أداة أخرى مختلفة، وعندما سُئل الشخص لماذا فعلت ذلك؟ أجاب بأنه لم يكن لديه وقت في البرنامج الزمني (الوقت المتوفر قليلٌ والأداة مرتفعة الثمن جداً) للقيام بالتجربة على الهيدروجين الخفيف

باستخدام هذه الأداة وأنه لن يحصل على أي نتيجةٍ جديدة. وهكذا فإن المسؤولين عن البرامج في المختبر الوطني للمسرعات كانوا مستعجلين جداً للحصول على نتائج جديدة بغية الحصول على مالٍ إضافي يمكنهم من متابعة العمل لأغراض العلاقات العامة وكانوا بذلك يدمرون ـ ربما ـ قيم التجارب نفسها والتي هي الغرض الأساسي من كل ذلك وغالباً ما يكون من الصعب على المجربين في ذلك المكان أن يتمِّموا عملهم كما يتطلب ذلك التكامل العلمي.

وعلى كلٍ فإن التجارب في علم النفس ليست من هذا النوع فهناك تجارب كثيرة مثلاً تضمَّنت مرور الفئران في كل أنواع المتاهات وما إلى ذلك ـ دون الحصول إلا على القليل من النتائج القاطعة ـ ولكن في عام 1937 قام رجلٌ يدعى يونج بتجربةٍ مثيرة فقد كان لديه ممرٌ طويل فيه العديد من الأبواب على أحد جانبيه وهذه الأبواب تخرج منها الفئران كما يوجد العديد من الأبواب في الجانب الآخر حيث يوجد الطعام، وأراد أن يرى فيما إذا كان باستطاعته أن يدرِّب الفئران على الذهاب إلى الباب الثالث من أي مكانٍ بدأوا به، كلا؟ كانت الفئران تذهب مباشرةً إلى الباب الذي كان فيه الطعام سابقاً.

وكان السؤال: كيف عرفت الفئران؟ أكان الممر متجانساً ومبنياً بشكلٍ جميل بحيث كان الباب يبدو كما هو في السابق؟ فمن الواضح أن هناك شيئاً ما متعلِّقٌ بالباب يختلف عن الأبواب

الأخرى، لذلك قام بطلاء الأبواب بدقة شديدة مراعياً نسيج واجهة الأبواب بحيث تبدو جميعها متشابهة تماماً، استمرَّت الفئران في الوصول إلى مبتغاها، ثم فكَّر بأن الفئران يمكن أن تشم رائحة الطعام لذلك استخدم مواداً كيمائية لتغيير الرائحة بعد كل جولة واستمرت الفئران بالوصول إلى الهدف. أدرك فيما بعد أن الفئران تصل عن طريق رؤية الأضواء وترتيب محتويات المختبر كما يفعل أي إنسانٍ عاقل لذلك غطَّى الممر وبقيت الفئران بالرغم من ذلك تصل إلى هدفها.

وجَد أخيراً أنها تستطيع التنبؤ عن طريق الصوت الصادر عن ركضها على الأرض وأنه لن يستطيع أن يحدِّد ذلك إلا إذا قام بتغطية الأرض بالرمال فقام بتغطية المكان تلو المكان من الأماكن المُحتملة حتى استطاع أخيراً أن يخدع الفئران بحيث تعلَّمت أن تذهب إلى الباب الثالث، وإذا قام بتخفيف أي شرطٍ من الشروط السابقة فإن الفئران ستعود إلى الهدف.

والآن ومن وجهة نظرٍ علمية كانت تلك التجربة A رقم 1، وهذه هي التجربة التي جعلت التجارب على الفئران معقولة ـ لأنها غطَّت الحلول التي كانت تستعملها الفئران فعلياً ـ وليس الحلول التي تظن أنت أن الفئران تستعملها. هذه هي التجربة التي تستطيع أن تشرح بدقة الشروط التي يجب أن تستعملها بحيث تكون حذراً ومسيطراً على كل شيء في التجربة التي تتم على الفئران.

نظرت إلى التاريخ التالي لهذا البحث حيث جرت تجربة تالية وتلتها أخرى دون الإشارة إلى السيد يونج، ولم يتم استعمال أيٍ من معاييره التي شملت تغطية الممر بالرمال، ولم يشر إلى كونه حذراً جداً، وبقي المجرّبون يدفعون الفئران بنفس الطريقة القديمة، ولم يهتموا بالمكتشفات العظيمة للسيد يونج ولم يُشر إلى أوراقه وكأنه لم يكتشف شيئاً يتعلق بالفئران. وفي الحقيقة إنه قام باكتشاف كل الأشياء التي يجب أن تفعلها لتتعلَّم كل شيءٍ عن الفئران ولكن عدم الاهتمام بتجارب مثل هذه يشبه ميزات علم عبادة الشحن.

مثالٌ آخر هو تجارب الـ ESP للسيد راين وأناسٍ آخرين. عندما يقوم مختلف الناس بالانتقاد ـ وهم انتقدوا بأنفسهم التجارب التي قاموا بها ـ فإنهم يُحسِّنون أساليبهم بحيث تقلّ التأثيرات حتى تختفي بالتدريج. ويتطلَّع العاملون بالتنجيم لبعض التجارب التي يمكن تكرارها ـ أي إعادة التجربة للحصول على نفس النتيجة ـ حتى بالطريقة الإحصائية. ولذلك هم يفعلون أشياء كثيرة ويحصلون على بعض النتائج الإحصائية ثم يجرّبونها مرة أخرى ولا يحصلون على أي نتيجة، ثم تجد الآن شخصاً يقول إن هذا الطلب لا علاقة له بموضوع التمكُّن من الحصول على تجارب يمكن تكرارها. هل هذا هو العلم؟

يتكلم هذا الرجل أيضاً عن مؤسسة جديدة في حديثٍ يقدم فيه استقالته كمدير لمعهد التخاطر، وعن طريق إخبار

الناس بما يتوجَّب عليهم فعله في المرة القادمة، يقول أن الشيء الذي يتوجب عليهم أن يفعلوه هو أن يتأكدوا من أنهم يدرِّبون تلاميذاً أظهروا رغبتهم ومقدرتهم في الحصول على نتائج من التخاطر لحدٍ معقول ـ بدلاً من أن يُبدِّدوا وقتهم على هؤلاء الطلاَّب الطموحين المهتمين، والذين لا يحصلون على نتائج إلا عن طريق الصدفة. إنه لخطيرٌ جداً وجود مثل هذه السياسة في التعليم ـ لتعليم الطلاب كيفية الحصول على نتائج معيَّنة فقط بدلاً من أن يتعلموا أن يقوموا بتجربة متكاملة علمياً.

لذلك أنا أتمنَّى لكم ـ ليس لدي المزيد من الوقت لذلك، لدي أمنية واحدة لكم ـ إن الحظ السعيد هو أن تكونوا أحراراً في مكانٍ تحافظوا فيه على هذا النوع من التكامل الذي وصفته ولا تشعرون بأنكم مُجبرون تحت ضغط الحاجة لأن تبقوا في مؤسساتكم أو تحت ضغط الدعم المالي وما إلى ذلك بحيث تفقدوا تكاملكم المطلوب، هل ستحصلون على هذه الحرية؟ وهل أتقدم بآخر جزءٍ من النصيحة: لا تقولوا بأنكم ستدلون بحديث إلا إذا كنتم تعلمون بوضوح ما الذي سوف تتحدثون عنه وما الذي ستقولونه سواءاً أكان قليلاً أو كثيراً.

11

إنه لأمرٌ سهل مثل 1، 2، 3

إنها حكاية صاخبة من حكايا فينمان الطالب ذو النضج المبكر في تجاربه ـ تجاربه على نفسه وجواربه وآلته الكاتبة وزملائه من الطلاب ـ لحل غموض العد والزمن.

عندما كنت طفلاً ناشئاً في Far Rockaway كان لي صديقٌ اسمه بيرني ووكر، وكان لنا نحن الاثنين في المنزل «مخابر» نقوم فيها «بتجارب» متنوعة، وفي إحدى المرات كنا نبحث في شيءٍ ما ـ كان عمرنا في ذلك الوقت بحدود 11 ـ 12 سنة ـ قلت لرفيقي «إن التفكير هو مجرَّد أن تكلِّم نفسك من الداخل».

أجاب بيرني «أوه، نعم» هل تعرف الشكل العجيب للجذع المعقوف الموجود في محرك السيارة؟

«نعم، ما شأنه؟».

«حسناً، أخبرني الآن كيف يمكنك أن تصفه عندما تكلم نفسك؟».

عندها تعلَّمت من بيرني أن الأفكار يمكن أن تكون مرئية كما يمكن أن تكون لفظية.

وفيما بعد، وخلال وجودي في الكلية بدأت أهتم بالأحلام وتساءلت كيف يمكن أن تكون الأمور حقيقية بهذا الشكل كما لو كان الضوء يسقط على شبكية العين والعينان مُغلقتان: هل تُنشط الخلايا العصبية فعلياً بطريقة أو أخرى ـ ربما بواسطة الدماغ نفسه ـ أو هل للدماغ «قسمٌ خاصٌ بالحكم» بحيث ينسكب خلال الحلم؟.

لم أحصل أبداً على إجاباتٍ مُرضية بالنسبة لهذا النوع من التساؤلات المتعلِّقة بعلم النفس على الرغم من أني أصبحت مهتماً جداً بمعرفة الكيفية التي يعمل بها الدماغ وبدلاً من ذلك بدأ هذا العمل المتعلق بتفسير الأحلام وما شابه ذلك.

عندما كنت في مرحلة التخرُّج في برنستون ظهر بحثٌ نفسيٌ مغلوط أثار الكثير من النقاش، قرَّر الباحث فيه أن الشيء المسيطر على مركز «الإحساس بالزمن» في الدماغ هو عبارة عن تفاعلٌ كيميائي يحدث في الدماغ ويشمل ذلك التفاعل الحديد، قلت لنفسي «كيف استطاع هذا الشخص بحق الجحيم أن يفكر في ذلك».

حسناً، كان الشيء الذي فعله على الشكل التالي: كانت زوجته تُعاني من حُمّى مُزمنة من النوع الذي يشتد ويخف على فترات، وبطريقة ما توصَّل إلى فكرة اختبار إحساسها بالزمن. أجبرها على أن تَعُد الثواني (دون أن تنظر إلى الساعة) وسجل المدة التي تقضيها في العد حتى الـ 60 وأجبرها على العد ـ المرأة المسكينة ـ طوال اليوم فعندما تشتد الحُمّى تُسرِع الزوجة في العد، وحينما تهبط الحُمّى تُبطىء في العد لذلك فكَّر الزوج بأن الذي يحكم «الاحساس بالزمن» في الدماغ لا بد أن يكون سريعاً عندما تأتي الحُمّى وبطيئاً عندما تذهب.

وباعتبار الزوج كان رجلاً «علمياً» جداً، فهو يعرف بأن عالِم النفس يعلم أن سرعة التفاعل الكيميائي تختلف حسب درجة حرارة الوسط المحيط وفق صيغة معادلة معينة تعتمد على طاقة التفاعل، لذا قاس الفرق في سرعة العد وحدَّد كم غيَّرت الحرارة من سرعته، ثم حاول أن يجد التفاعل الكيميائي الذي تتغير سرعته حسب درجة الحرارة بنفس المقادير التي تحدُث مع زوجته أثناء العد، وقد وجد أن تفاعلات الحديد هي التي تناسب هذا النموذج أكثر من غيرها، عندها استنتج أن إحساس زوجته بالزمن كان يحكمه التفاعل الكيميائي الذي يحدث في جسدها والذي يشمل الحديد.

حسناً، بدا كل شيءٍ وكأنه هراء كثيرٌ بالنسبة لي، فهناك

أشياء كثيرة يمكن أن تنحو منحى الخطأ في هذه السلسلة الطويلة من التعليل ولكنه كان سؤالاً ممتعاً: ما الذي يحدِّد «الاحساس بالزمن»؟ فحينما تحاول أن تعد بسرعة ثابتة، فما الذي تعتمد عليه هذه السرعة؟ وماذا تستطيع أن تفعل لنفسك لتُغيِّرها؟

قررت أن أبحث في هذا الأمر وبدأت بِعَدِّ الثواني - دون أن أنظر إلى الساعة طبعاً - حتى الـ 60 بإيقاعٍ بطيءٍ منتظم: 1، 2، 3، 4، 5، . . . وعندما وصلت إلى الـ 60، مرت 45 ثانية فقط، ولكن ذلك لم يُزعجني فالمشكلة ليست في العد لمدة دقيقة واحدة ولكن في العد بمعدلٍ معياري، وفي المرة التالية التي قُمت فيها بالعد حتى الـ 60 مرَّت 49 ثانية، وفي المرَّة التالية 48 ثانية ثم 47، 48، 49، . . . وأخيراً وجدت أن باستطاعتي العد بمعدلٍ معياريٍ ثابت.

الآن، إذا جلست فقط، دون أن أعد وانتظرت حتى ظننت أنه مرت دقيقة كاملة وكان ذلك عديم الانتظام بشكلٍ كبير وباختلافات كاملة، لذلك وجدت أنه أمرٌ سخيف أن أُقدِّر مرور دقيقة كاملة بطريق الظن فقط. ولكن عن طريق العد استطعت الحصول على دقةٍ بالغة.

الآن وقد عرفت أن باستطاعتي العد بسرعة قياسية فإن

السؤال التالي الذي يطرح نفسه ما الذي يؤثِّر على السرعة؟

كانت الإجابة: ربما يكون لذلك علاقة بضربات القلب، بدأت أصعد وأهبط على الدرج لجعل قلبي ينبض بصورة أسرع ثم أسرعت إلى غرفتي وألقيت بنفسي على السرير وبدأت بالعد حتى الـ 60.

ثم حاولت أيضاً أن أركض على الدرج صعوداً وهبوطاً وأعد لنفسي بينما كنت أصعد وأهبط.

ضحك رفاقي عندما رأوني أصعد وأهبط الدرج وقالوا «ماذا تفعل»؟

لم أستطع أن أُجيبهم ـ وهو الذي جعلني أُدرك أني لا أستطيع أن أتكلَّم وأنا أعد لنفسي ـ وبقيت أصعد وأهبط على الدرج وكأني أحمق.

(اعتاد رفاقي في سنة التخرُّج أن ينظروا إلي كالأحمق، ففي مناسبة أخرى مثلاً دخل أحد الزملاء إلى غرفتي ـ وقد نسيت أن أغلق الباب خلال «التجربة» ـ ووجدني أجلس على الكرسي وأنا أرتدي معطفي الثقيل المصنوع من جلد الخراف بمواجهة النافذة المفتوحة على مصراعيها في عز الشتاء وأنا أحمل الإناء بيد وأُحرِّك داخله باليد الأخرى «قلت لا تزعجني،

لا تزعجني» لأني كنت أُحرِّك الـ Jell-O وأراقبه عن قرب: كنت أريد أن أعرف بدافع الفضول هل يتخثر الـ Jell-O في البرد إذا بقيتَ تحركه طول الوقت).

وعلى كلٍ فبعد أن حاولت وجرَّبت كل أنواع الصعود والهبوط على الدرج والاستلقاء على السرير حدثت المفاجأة! فضربات القلب ليس لها أي تأثير، وعلى اعتبار أني شعرت بالدفء كثيراً من كثرة الصعود والهبوط على الدرج فقد ظننت أن الحرارة ليس لها علاقة بالضربات أيضاً (على الرغم من أني كنت أعرف أن درجة حرارة الجسم لا ترتفع عندما نقوم بالتمرين)، وفي الحقيقة لم أجد أي شيءٍ باستطاعته أن يؤثِّر على سرعة العد التي كنت أقوم بها.

أصبحت عملية الصعود والهبوط على الدرج مملَّة جداً لذلك بدأت بالعد أثناء الأعمال العادية التي كنت أقوم بها كل يوم فمثلاً عندما كنت أُخرج الغسيل اضطررت لملء تقريرٍ يطلب كتابة عدد القمصان والسراويل التي أملكها وما إلى ذلك ووجدتني أكتب 3 بجوار السروال و4 بجوار القمصان ولكنني لم أستطع أن أعد «جواربي»، كان هناك الكثير منها وأنا استخدم الآن «آلة العد» الخاصة بي 36، 37، 38 ـ وهاهي كل الجوارب أمامي ـ 39، 40، 41..... كيف أستطيع أن أعد الجوارب؟

وجدت بأني أستطيع أن أُرتِّب الجوارب على شكل نماذج هندسية ـ مثل المربَّع، مثلاً، زوج من الجوارب في هذه الزاوية، وزوجٌ في تلك الزاوية، وزوجٌ هنا وزوجٌ هناك ـ ثمانية أزواج.

تابعت لعبة العد بالنماذج ووجدت أني أستطيع أن أعد الخطوط في مقالة صحفية عن طريق تجميع الأسطر ضمن نماذج يتألف كلٍ منها من 3، 3، 3، و1 لكي أحصل على 10، ثم ثلاثة من تلك النماذج، وثلاثة من تلك النماذج و3 من تلك النماذج و1 من تلك النماذج حتى الوصول إلى الـ 100، وتابعت إلى نهاية الصحيفة على هذا الشكل وبعد أن انتهيت من العد حتى الـ 60 كنت أعلم أين وصلت بالنسبة لهذه النماذج وأستطيع أن أقول «وصلت حتى الـ 60 وهناك 113 سطراً» ووجدت أني أستطيع أن أقرأ المقالات أثناء العد إلى الـ 60 ولم يؤثِّر ذلك على سرعتي في العد! وفي الحقيقة فإني أستطيع فعل أي شيء أثناء قيامي بالعد بيني وبين نفسي ـ عدا الكلام بصوتٍ مرتفع طبعاً.

وماذا عن الضرب على الآلة الكاتبة ـ أي نسخ الكلمات من الكتاب؟ وجدت أني أستطيع أن أفعل ذلك أيضاً لكن وقتي تأثر بالنسبة لهذا المجال وكنت مضطرباً: أخيراً وجدت شيئاً يبدو أن باستطاعته أن يؤثِّر على سرعتي في العد! وبدأت أبحث في هذا الشيء بصورة أكبر.

باستطاعتي الآن أن أمضي وحدي في كتابة الكلمات البسيطة بسرعة لا بأس بها وأن أعد 19، 20، 21 وأُتابع الكتابة على الآلة وأعد 27، 28، 29، وأُتابع الكتابة حتى ـ ما هذه الكلمة بحق الجحيم؟ أوه، نعم ـ ثم أستمر في العد 30، 31، 32 وعندما وصلت إلى الـ 60 كنت متأخراً.

وبعد أن قمت ببعض التأمُّل الذاتي والمشاهدات الأخرى أدركت ما حدث، لقد كنت أقطع العد عندما أصل إلى الكلمات الصعبة التي «تحتاج إلى قدر أكبر من نشاط الدماغ» كما يقال، لم تُبطِئ سرعتي في العد، ولكن العد نفسه كان يتوقف مؤقتاً بين الحين والآخر وأصبح العد حتى الـ 60 آلياً بحيث لم أُلاحظ الانقطاع في البداية.

وفي الصباح التالي وعلى الفطور أبلغت نتائج كل هذه التجارب لزملائي الآخرين على الطاولة وأخبرتهم كل الأشياء التي أستطيع أن أفعلها أثناء العد مع نفسي وقلت لهم إن الشيء الوحيد الذي لم أستطع أن أفعله مطلقاً أثناء العد مع نفسي هو الكلام.

قال أحد الزملاء، وكان يُدعى جون تكي أنا لا أصدق أنك تستطيع القراءة ولا تستطيع أن تتكلم في نفس الوقت، سأراهنك أنني أستطيع أن أتكلم أثناء العد مع نفسي وبأنك لا تستطيع أن تقرأ.

لذلك قمت بالعرض التالي: أعطاني زملائي كتاباً وقرأته لفترة وأنا أعد مع نفسي وعندما وصلت إلى الـ 60 قلت «الآن» 48 ثانية وقتي المعتاد ثم أخبرتهم بما قرأته.

دُهش تيكي بعد أن اختبرناه لعدة مرات لمعرفة زمنه النظامي بدأ يتكلم: «لدى ماري حَمَلٌ صغير، أستطيع أن أقول أي شيءٍ أريده، لن يكون هناك أي فرق، لا أعرف ما الذي يُزعجك» ـ هراء، هراء هراء، وأخيراً «حسناً» وصل إلى رقمه بدقة! ولم أستطع أن أصدق ذلك!.

تكلمنا عن ذلك لبرهة واكتشفنا شيئاً ما، لقد اتضح أن تيكي كان يعد بطريقة مختلفة: كان يتصوَّر أن أمامه شريطاً تمر عليه الأرقام ويقول: «لدى ماري حملٌ صغير» وكان يراقب الشريط! حسناً، لقد اتضح كل شيءٍ الآن: فهو «ينظر» إلى شريطه وهو يمر، لذلك فهو لا يستطيع القراءة، وأنا«أتكلم» مع نفسي عندما أعد لذلك لا أستطيع الكلام.

بعد ذلك الاكتشاف، حاولت أن أجد طريقة أقرأ فيها بصوتٍ مرتفع أثناء قيامي بالعد ـ شيءٌ لم يستطع كلانا أن يفعله ففكرت أني يجب أن أستعمل ذلك الجزء من دماغي الذي لا يتدخل مع أقسام الرؤية والكلام، لذلك قرَّرت أن أستعمل أصابعي لأن ذلك يشمل حاسَّة اللمس.

سرعان ما نجحت بعد ذلك في أن أعُدَّ بأصابعي وأن أقرأ بصوتٍ مرتفع لكنني أردت أن تكون العملية كلها عقلية وألا تستند إلى أي نشاطٍ مادي لذلك حاولت أن أتخيل إحساسات أصابعي وهي تتحرك بينما كنت أقرأ بصوتٍ مرتفع.

لم أنجح أبداً، وفكرت أن ذلك يعود إلى أني لم أتدرَّب بشكلٍ كاف، ولكن ربما يكون ذلك مستحيلاً: لأني لم أقابل أي شخصٍ يستطيع أن يفعل ذلك.

اكتشفت أنا وتيكي، عن طريق هذه الخبرة، أن ما يجري في رؤوس أناسٍ آخرين عندما يظنُّون أنهم يفعلون نفس الشيء - شيء بسيط مثل العد مثلاً - يكون مختلفاً بالنسبة لمعظم الناس واكتشفنا أنك تستطيع أن تختبر خارجياً وموضوعياً كيفية عمل الدماغ: فأنت لست مضطراً لأن تسأل أي شخص كيف يعد وأن تعتمد على ملاحظاته الخاصة عن نفسه وبدلاً من ذلك فأنت تلاحظ ما يستطيع وما لا يستطيع أن يفعله أثناء العد، والاختبار مُطلق وليس هناك طريقة لِتَصْرِفَهُ وليس هناك طريقة أخرى لتُزَيّفَه.

من الطبيعي أن توضِّح فكرة ما، بلغةِ ما يدور بخلدك فعلاً، فالأفكار تتراكم فوق بعضها البعض وهذه الفكرة تُعلّم حسب تلك الفكرة، وتلك الفكرة تُعلّم حسب فكرة أخرى، وهذا يتولّد من خلال العد والذي يمكن أن يكون مختلفاً كثيراً بالنسبة لمعظم الناس!

كثيراً ما أُفكِّر في ذلك وخاصةً عندما أُدرّسُ أسلوباً غامضاً مثل مكاملة توابع بيزيل وعندما أرى المعادلات فإني أرى الأحرف بالألوان ـ ولا أعرف السبب في ذلك ـ وكما أتكلم الآن فإني أرى صوراً غامضةً لتوابع بيزيل من خلال كتب جانك وإيميد وتتطاير أمامي أحرف الـ j بلون فاتح وأحرف الـ n بلونٍ بنفسجيٍ أزرق خفيف وأحرف الـ x بلونٍ بني داكن، وأنا أتساءل بحق الجحيم كيف تبدو بالنسبة للطلاب.

12

ريتشارد فينمان يبني كوناً

في مقابلة صحفية لم تُنشر سابقاً جرت تحت رعاية الاتحاد الأمريكي لتقدم العلم يستغرق فينمان في ذكرياته حول: حياته في العلم ومحاضرته الأولى المرعبة في الغرفة التي اجتمع فيها الحضور المكلَّلون بجوائز نوبل، الدعوة للعمل بمشروع أول قنبلة نووية ورد فعله على ذلك، علم ديانة عبادة الشحن، تلك المكالمة الحاسمة التي جرت قبل الفجر من قبل صحفي يُخبره فيها بأنه قد حصل على جائزة نوبل فيجيبه فينمان: «أما كان بإمكانك أن تخبرني في الصباح».

المذيع:

كان ميل فينمان بائعاً لدى شركة تعمل ببيع البذات في

مدينة نيويورك، وفي 11 أيار عام 1918 رحب بولادة ابنه ريتشارد فينمان الذي حصل بعد 47 سنة على جائزة نوبل في الفيزياء وفي كثيرٍ من النواحي كان لميل فينمان الكثير من الفضل في ذلك الإنجاز كما يروي ابنه ريتشارد فينمان.

فينمان:

حسناً، قبل أن أولد قال والدي لوالدتي بأن «هذا الصبي سيكون عالماً». أنت لا تستطيع أن تقول مثل هذه الأمور أمام النساء هذه الأيام، ولكن هذا ما قيل فعلاً في تلك الأيام، لم يُخبرني أبي أبداً بأني سأكون عالماً..... وقد تعلمت أن أقدِّر الأشياء التي أعرفها ولم يكن هناك أي ضغط.... وعندما كبرت أخذني أبي إلى عدة نزهاتٍ في الغابات وأطلعني على الحيوانات والطيور وما شابهها من المخلوقات وأخبرني عن النجوم والذرَّات وعن كل الأشياء الأخرى التي يعرفها، كان له موقفٌ من العالم والطريقة التي يجب أن ننظر فيها إليه وكانت نظرته علمية بعمق بالنسبة لرجل لم يكن له صلة مباشرة بالمواضيع العلمية.

المذيع:

ريتشارد فينمان هو الآن أستاذ الفيزياء في معهد كاليفورنيا التكنولوجي في باسادينا ويعمل فيه منذ عام 1950 ويُخصِّص جزءاً من وقته للتدريس ويُكرِّس الجزء الآخر لصياغة نظرية

تدور حول الشدف الدقيقة من المادة التي بُني منها الكون الذي نعيش فيه، وخلال حياته المهنية نقله خياله الشعري أحياناً إلى كثيرٍ من العوالم الغريبة: الرياضيات الخاصة بالقنبلة الذرية، مورثات (جينات) الفايروس البسيط وخصائص الهيليوم عند درجات الحرارةٍ المنخفضة جداً، وقد ساعد العمل الذي فاز بموجبه بجائزة نوبل والخاص بتطوير نظرية الحركة الكمومية في حل كثير من المشكلات الفيزيائية بصورة أكثر مباشرة وفعالية مما كان يمكن أن يحصل من قبل، ولكن مرةً أخرى ما الذي حرك هذه السلسلة الطويلة من الإنجازات هل هي النزهات الطويلة مشياً على الأقدام في الغابات مع والده؟.

فينمان:

كان لأبي طرقه الخاصة في النظر إلى الأشياء، وقد اعتاد أن يقول «افترض أننا كنا مريخيين ونزلنا إلى الأرض، عندها سنرى هذه المخلوقات الغريبة تقوم بأعمالها المعتادة فماذا يمكن أن نظن؟. يقول والدي لنضرب مثلاً: افترض أننا لم نذهب إلى النوم أبداً فنحن مريخيون ولدينا وعي يعمل طوال الوقت ووجدنا هذه المخلوقات التي تتوقف لمدة ثمانية ساعاتٍ يومياً وتغلق عيونها وتصبح خاملةً لفترةٍ قد تطول أو تقصر، والآن... يكون لدينا هذا السؤال الممتع الذي يمكن أن نوجِّهه إليهم: كيف تشعرون وأنتم تقومون بهذهالأعمال طوال الوقت؟ وماذا يحدث لأفكاركم؟ أنتم تسيرون على ما يرام طوال الوقت

وتفكرون بوضوح فما الذي يحدث؟ هل تتوقف كل هذه الأمور فجأةً؟ أم تتباطأ تدريجياً ثم تقف؟ أخبرونا بدقة كيف تقومون بإغلاق تيار تدفُّق أفكاركم؟ فكرت فيما بعد كثيراً وقمت بعدة تجارب حينما كنت في الكلية في محاولة لمعرفة جواب ذلك.... فعلاً ما الذي يحدث لأفكارنا حينما نذهب إلى النوم؟.

المذيع:

خطَّط الدكتور فينمان في أيامه الأولى كي يصبح مهندساً كهربائياً يتقن الفيزياء ويجعلها تخدمه وتخدم العالم من حوله ولكن لم يمض وقتٌ طويل حتى أدرك أنه كان أكثر اهتماماً بالذي يجعل الأشياء تعمل من حيث المبادئ النظرية والرياضية والتي يرتكز عليها عمل الكون نفسه بشكلٍ أصبح فيه دماغه هو المختبر الذي يعمل فيه.

فينمان:

حينما كنت فتىً يافعاً كان ما يُدعى بالمختبر عبارة عن مكان أتسكَّع فيه وأصنع أجهزة راديو وخلايا ضوئية وأدوات وخزانة للكتب وقد صُعقت جداً عندما اكتشفت ما يدعونه بالمختبر في الجامعة!. فهذا مكانٌ يفترض أن تقوم فيه بقياس الأشياء بجديةٍ تامة لكني لم أقس فيه أي شيءٍ، وبقيت أتسكَّع وأتلهَّى بصنع أشياءٍ عديدة، هذا النوع من المخابر حينما كنت يافعاً كنت أظن أنه سيبقى على هذا الشكل طوال الوقت وظننت

أن هذه هي الطريق التي يجب أن أمضي فيها، حسناً كان يتوجَّب عليَّ في ذلك المختبر أن أحلَّ مشكلاتٍ معينة فقد اعتدت أن أُصلِّح أجهزة الراديو وكنت مضطراً مثلاً لأن أحصل على بعض المقاومات وأضعها على التسلسل مع مقياس الفولت بحيث يعمل المقياس بمعدلات قياسٍ أخرى وأشياء من هذا القبيل، ثم بدأت أبحث عن المعادلات الرياضية والكهربائية، وكان لدى صديقي كتابٌ توجد فيه المعادلات الكهربائية والعلاقات بين المقاومات وأشياء أخرى مثل القوة تساوي مربع التيار مضروباً بالجهد، والجهد المقسوم على التيار يساوي المقاومة، إجمالاً كان هناك ستة أو سبعة معادلات بدت كلها وكأنها ترتبط ببعضها البعض ولم تكن منفصلة بشكلٍ فعلي، أي أن كل واحدةٍ منها مشتقة من الأخرى، وبهذا الشكل كان يجب علي أن أستخدمها وأفهم من الجبر الذي تعلمته في المدرسة كيفية التعامل معها وهكذا أدركت مدى أهمية الرياضيات في هذا العمل.

حيث بدأت أهتم أكثر وأكثر بالأمور الرياضية المرتبطة بالفيزياء بالإضافة إلى أن الرياضيات كانت بحد ذاتها ذات جاذبية كبيرةٍ بالنسبة لي ولقد أحببتها طوال حياتي. [. . .]

المذيع:

بعد التخرُّج من معهد ماساتشوستس التكنولوجي انتقل

ريتشارد فينمان ما يقارب الـ 400 ميل باتجاه الجنوب الغربي إلى جامعة برنستون حيث حصل في النهاية على درجة الدكتوراه، وهناك كان عمره 24 عاماً عندما ألقى أُولى محاضراته الرسمية وكانت محاضرةً ذات وقعٍ خاص كما اتضح فيما بعد.

فينمان:

عندما كنت في صف التخرُّج عملت مع البروفسور ويلر* كمساعدٍ في البحث وعملنا معاً في صياغة نظرية جديدة يدور محورها حول عمل الضوء وكيف يحصل التآثر بين الذرات في الأماكن المختلفة، كانت هذه النظرية في ذلك الوقت من النظريات الهامة لذلك اقترح البروفسور فيغنر** الذي كان مسؤولاً عن الندوات في الجامعة أن نقوم بعمل ندوة عن هذه النظرية وقال:

باعتباري شاباً يافعاً ولم أُحاضر في أي ندوة من قبل، فهذه فرصة جيِّدة لأن أتعلَّم كيف أفعل ذلك وبهذا الشكل كانت الندوة أول خطابٍ فني متخصِّص أقوم به.

---

* جون أرشيبالد ويلر (1911 ـ) فيزيائي اشتهر بين عامة الناس في أنه أول من استعمل عبارة «الثقب الأسود» التحرير.

** ايجوين ب فيغنر (1902 ـ 1995) حصل على جائزة نوبل في الفيزياء لمساهماته في نظرية النواة الذرية والجسيمات الأولية من خلال بحثه في مبادئ التناظر، التحرير.

بدأت أُحضِّر لهذا العمل وجاء البروفسور فيغنر وقال إنه يظن أن هذا العمل هام جداً بحيث قام بشكلٍ خاص بدعوةٍ البروفسور باولي لحضور الندوة وكان أستاذاً زائراً كبيراً للفيزياء من جامعة زيوريخ كما دعى البرفسور فون ناومان الرياضي الأكثر شهرةً في العالم وهنري نورس رَسَل الفلكي الشهير وألبرت آينشتاين الذي كان يسكن قرب مكان الندوة. شحب لوني وتحوَّل إلى اللون الأبيض عندما قال لي: «لا تقلق أبداً وإياك والاضطراب وتعلم من البداية ألا تبتئس إذا لاحظت أن البروفسور رَسَل قد استغرق في النوم حيث أنه ينام دائماً في المحاضرات، وعندما يومئ إليك البروفسور باولي أثناء المحاضرة فلا تعتبر ذلك أمراً جيداً لأنه يومئ باستمرار لإصابته بالشلل الرعاش، وما إلى ذلك من أمور. ما قاله فيغنر هدأني قليلاً لكني بقيت قلقاً وقد وعدني البروفسور ويلر بأنه سيُجيب على كل الأسئلة عقب المحاضرة، وأن ما علي أن أقوم به فقط هو الإلقاء.

أتذكَّر الآن عندما دخلت ـ يمكنكم أن تتصوَّروا أنها المرة الأولى والتي شعرت عندها وكأني أدخل في النار ـ كتبت كل المعادلات مقدماً بحيث امتلأت بها السبورة، والحضور لا يريدون الكثير من المعادلات لأنهم يريدون أن يفهموا الفكرة بشكلٍ أفضل، تذكرت حينها أني وقفت لأتكلم وكان هناك كل هؤلاء الرجال العظام أمامي في مقاعد الحضور وهو شيءٌ

مرعب ولا أزال أذكر يدي وهي ترتعش عندما سحبت الأوراق من المغلف الذي كانت فيه، وحالما أخرجت الأوراق وبدأت أتكلم حدث شيءٌ من النوع الذي استمر يحدث لي باستمرار فيما بعد وكان شيئاً رائعاً، فعندما أتكلم في الفيزياء أحب أن أفكِّر وتفكيري محصورٌ في الفيزياء فقط، ولا يصيبني القلق بالنسبة للمكان الذي أتواجد فيه على الإطلاق. سار كل شيءٍ بسهولةٍ ويسر وقمت بإيضاح الأمر ببساطة بأفضل ما أستطيع ولم أفكر مطلقاً بمن كان موجوداً في ذلك الوقت وكنت أركِّز كل اهتمامي على المشكلة التي أشرحها، وعندما حان في النهاية وقت طرح الأسئلة لم يكن لديَّ ما أقلق بشأنه لأن البروفسور ويلر هو الذي سوف يتولى مهمة الإجابة» نهض البروفسور باولي، وكان يجلس بجوار البروفسور آينشتاين وقال: «أنا لا أعتقد أن هذه النظرية يمكن أن تكون محقَّة بسبب كذا وكذا وهذا الشيء الخ...ألست توافقني يا بروفسور آينشتاين. قال آينشتاين «لـ. . .ا» وكانت هذه أجمل كلمة لا سمعتها في حياتي.

المذيع:

تعلَّم ريتشارد فينمان في برنستون أنه إذا عاش حياته كلها في عالم الرياضيات والفيزياء النظرية فإن هناك عالمٌ آخر في الخارج يصرّ على الحصول على بعض المطالب العملية البحتة، وكان العالم في ذلك الوقت في حالة حرب وكانت الولايات

المتحدة قد بدأت بالعمل على صنع القنبلة الذرية.

فينمان:

بحدود ذلك الوقت تقريباً دخل بوب ويلسون إلى غرفتي ليخبرني عن مشروعٍ بدأ يعمل به له علاقة باستخلاص اليورانيوم لاستخدامه في صناعة القنابل النووية، وقال أن هناك اجتماعاً سرياً في الساعة الثالثة وكان يعلم تماماً بأني عندما أطلع على موضوع السرية فإني سأنجرف معه ولم يكن هناك أي ضررٍ في ذلك قلت له: «لقد ارتكبت غلطةً بإخباري عن السر فأنا لن أستطيع أن أُجاريك وإني سأعود إلى ممارسة عملي العادي أي العودة للعمل بأطروحتي. خرج من الغرفة وهو يقول «سيكون هناك اجتماعٌ في الثالثة» [حدث] ذلك في الصباح وبدأت أخطو في الغرفة وأفكر بعواقب القنبلة إذا كانت في أيدي الألمان مع تلك المعدات التي يملكونها، وقرّرت أن الأمر مثيرٌ وهامٌ جداً لكي أشارك فيه لذلك حضرت الاجتماع في الساعة الثالثة وأوقفت العمل في مشروع درجتي الجامعية.

كانت المشكلة تتمثّل أنه يجب عليك أن تفصل نظائر اليورانيوم لكي تصنع القنبلة وكان اليورانيوم متوفراً بنظيرين والـ U 235 هو العنصر المتفاعل الذي يجب فصله وقد وضع ويلسون خطةً للقيام بعملية الفصل ـ عن طريق عمل شعاع من الإيونات ثم جمعها في حزمة ـ وكانت سرعة النظيرين وبنفس المستوى من الطاقة مختلفة قليلاً، لذلك إذا قمت بعمل كتل

صغيرة ووضعتها في أنبوب طويل بحيث يسبق أحدها الآخر يمكنك عندها فصل النظيرين بهذه الطريقة. كانت هذه هي الخطة الموجودة لديه. أما أنا فقد كنت منغمساً في الأمور النظرية في ذلك الوقت والشيء الذي كنت مهيئاً لعمله أصلاً كان اكتشاف هل الآلة بالشكل الذي توجد عليه عملية أم لا وهل من الممكن القيام بهذا العمل؟ كان هناك الكثير من الأسئلة التي تدور حول قصور الشحنة الفراغية وما إليها واستنتجت أن من الممكن القيام بذلك.

على الرغم من استنتاج فينمان أن طريقة ويلسون لفصل نظائر اليورانيوم كانت ممكنة حقاً من الناحية النظرية لكن عملياً تم اتباع طريقة أخرى لإنتاج اليورانيوم 235 الخاص بالقنبلة النووية ومع ذلك كان لا يزال هناك الكثير لريتشارد فينمان وتنظيره عالي المستوى لكي يفعله في المختبر الرئيسي المكلَّف بتطوير القنبلة النووية في لوس ألاموس في ولاية نيو مكسيكو، بعد الحرب انضم فينمان إلى المسؤولين عن مختبر الدراسات الذرية في جامعة كورنيل ولديه حالياً مشاعر متناقضة بالنسبة للمشروع الذي عمل به لإنتاج القنبلة النووية..... هل فعل الشيء الصحيح حقاً أم كان مخطئاً في ذلك؟

فينمان:

كلا، لا أظن أني كنت مخطئاً تماماً عندما اتخذت قراري، لقد فكرت فيه وأظن أني كنت محقاً عندما اعتقدت

بعظم خطر حصول النازيين على القنبلة، وعلى كلٍ كان هناك كما أظن خطأٌ ما في تفكيري لأنه بعد هزيمة الألمان ـ كان ذلك بعد مرور فترة لا بأس بها بحدود ثلاث أو أربع سنوات ـ كنا لا نزال نعمل بجدية ولم أتوقف وحتى لم أفكر بأن الدافع الأصلي لعمل القنبلة لم يعد موجوداً والشيء الوحيد الذي تعلمته أنه إذا كان لديك دافعٌ لعمل شيءٍ ما قويٌ جداً وبدأت تعمل فيه فيجب عليك أن تلتفت بين الحينِ والآخر لترى فيما إذا كانت الدوافع الأصلية لا زالت مُحقَّة. حينما اتخذت القرار كنت أظن أن هذا الأمر محق ولكن الاستمرار دون التفكير فيه قد يكون أمراً خاطئاً، ولا أعلم ما قد يحدث فيما لو فكرت به، أنا لا أعلم. ولكن النقطة التي تتعلق بأنني لم أفكر فيه عندما تغيرت الظروف التي [جعلتني] أنضم إليه في البداية فهو الخطأ بعينه.

المذيع:

بعد خمس سنواتٍ نشطة في كورنيل استهوت كاليفورنيا الدكتور فينمان كغيره من الشرقيين قبله وبعده وكذلك المحيط المثير لمعهد كاليفورنيا التكنولوجي وكانت هناك أسبابٌ أخرى.

فينمان:

أولاً، وقبل كل شيء الطقس ليس جيداً في إيثاكا. ثانياً، أنا أحب الذهاب إلى النوادي الليلية وما شابهها.

دعاني بوب باكر للقدوم إلى هنا لإلقاء سلسلة من المحاضرات لعملٍ سبق وأن طوَّرته في جامعة كورنيل، لذلك

قمت بإلقاء المحاضرة ثم قال «هل من الممكن أن أُعيرك سيارتي؟» سعدت بذلك وأخذت سيارته وبدأت أذهب كل ليلة إلى هوليوود و Sunset Stripe وتسكَّعت في هذه المناطق وتمتَّعت بوقتي، وهذا المزيج من الطقس الجيد والأفق الواسع بالمقارنة بما يتوفر في بلدةٍ صغيرةٍ في ولاية نيويورك العليا هو الذي أقنعني في النهاية بالقدوم إلى هنا لم يكن بالأمر الصعب ولم يشكِّل أية غلطة كما كان هناك قرارٌ آخر لم يشكل أي غلطةٍ أيضاً.

المذيع:

في كلية معهد كاليفورنيا التكنولوجي عمل الدكتور فينمان مثل ريتشارد تشيس تولمان أستاذ الفيزياء النظرية وفي عام 1954 تلقَّى جائزة ألبرت آينشتاين وفي عام 1962 منحته لجنة الطاقة الذرية جائزة إي. أو. لورنس تقديراً «لمساهماته القديرة بشكلٍ خاص لتطوير واستخدام والتحكُّم بالطاقة النووية» وأخيراً وفي عام 1965 تسلَّم أكبر جائزةٍ علميةٍ على الإطلاق وهي جائزة نوبل، وشاركه فيها سين إيتيرو توموناجا من اليابان وجوليان سكوينجر من هارفارد، وبالنسبة للدكتور فينمان كانت جائزة نوبل شيئاً غير متوقع.

فينمان:

رن جرس الهاتف وقال الرجل (أنه كان) من إحدى

شركات الإذاعة، انزعجت جداً لإيقاظي، وكان ذلك رد فعلي الطبيعي فأنت تعرف أنك تكون نصف مستيقظ ومنزعج، قال الرجل: «نحب أن نخبرك بأنك فزت بجائزة نوبل» وفكَّرت في نفسي ـ وكما ترى كنت ما أزال منزعجاً ـ بأني لم أكن مسجلاً لذلك قلت «ألم يكن باستطاعتك أن تخبرني في الصباح» قال: ظننت أنك تحب أن تعرف «قلت حسناً كنت نائماً وأعدت سماعة التلفون إلى مكانها». قالت زوجتي: «ما هذا؟» قلت «فزت بجائزة نوبل» قالت: أنت تمزح كنت غالباً ما أحاول أن أخدعها ولكني لم استطع خداعها أبداً، وكلما حاولت خداعها كانت تشعر بذلك من خلال نظرتها إليَّ، لذلك كانت في هذه المرة مخطئة لأنها ظنت بأني أمزح وأن الخبر نقله أحد الطلاب المخمورين لذلك لم تصدقني، وعندما قرع جرس الهاتف للمرة الثانية بعد عشر دقائق من قبل صحيفة أخرى قلت للرجل «نعم لقد سمعت ذلك تواً دعني وشأني» ثم انتزعت شريط الهاتف من المقبس وظننت أني عدت للنوم مرةً أخرى، وفي الساعة الثامنة أعدت الشريط إلى مكانه ولم أستطع النوم وكذلك زوجتي. نهضت وتجوَّلت قليلاً وأعدت وصل الجهاز وبدأت أرد على الهاتف.

بعد قليلٍ من الوقت كنت راكباً في التاكسي كالمعتاد وكان السائق يتكلم وأنا أتكلم وكنت أشكو إليه مشاكلي عندما سألني هؤلاء الأشخاص ولم أكن أعرف كيف أوضح ذلك، فقال

«سمعت مقابلة لك، شاهدتها على التلفاز وكان المذيع يقول لك» هل لك أن تقول لنا ماذا فعلت للحصول على الجائزة خلال دقيقتين؟ «وحاولت أن تقوم بذلك وكنت مجنوناً. . . هل تعلم ما كنت سأقوله؟ بحق الجحيم أيها الرجل لو أخبرتك بدقيقتين لما كنت أستحق جائزة نوبل لذلك كان هذا هو الجواب الذي أقوله دائماً فعندما يسألني أحدٌ ما أخبرهم دوماً: انظروا إذا أردت أن أشرح ذلك بهذه السهولة فلا يستحق الأمر أن أحصل على جائزة نوبل، وهذا ليس عادلاً حقاً ولكنه نوعٌ من الأجوبة الظريفة.

المذيع:

كما ذُكر سابقاً تلقَّى الدكتور فينمان جائزة نوبل لمساهماته في تطوير نظرية تحدد المجال الذي بزغ حديثاً للحركة الكهربائية الكمومية وهو كما وصفه الدكتور فينمان «نظرية كل شيءٍ آخر» وهي لا تُستخدم في الطاقة النووية ولا في قوى الجاذبية ولكنها تنطبق فقط على تآثرات الإلكترونات مع جسيمات الضوء التي تُدعى بالفوتونات وهي تتضمَّن الطريقة التي تتدفَّق بها الكهرباء وظاهرة المغناطيسية والطريقة التي يتم بها إنتاج الأشعة السينية وتفاعلها مع أشكال المادة الأخرى، «فالكمومية» في الحركة الكهربائية الكمومية هي نظرية عُرفت في منتصف العشرينات وتنص على أن الإلكترونات المحيطة بنواة

كل ذرَّة محدودة بحالات كمومية معينة أو بمستوياتٍ معينة من الطاقة وهي لا توجد إلا في هذه المستويات فقط، وتكون غير موجودة في المستويات التي تقع بينها وهذه المستويات من الطاقة المكمَّمة تحدد بشدة الضوء الساقط على النواة من بين الأشياء الساقطة الأخرى.

فينمان:

إن إحدى أكبر وأهم الأدوات الفيزياء النظرية هي سلة المهملات إذ يجب عليك أن تعرف متى تتركها وشأنها م م م؟ تعلَّمت في الحقيقة كل شيءٍ أعرفه عن الكهرباء والمغناطيسية والميكانيك الكمومي وكل شيءٍ آخر أثناء محاولتي تطوير تلك النظرية، وما حصلت من أجله على جائزة نوبل مؤخراً كان الشيء الذي حصل عام 1947 والمؤلف من النظرية العادية التي كنت أحاول إصلاحها عن طريق تغييرها حيث كانت تعاني من بعض المتاعب ولكن بيث وجد بأنك إذا فعلت الأشياء الصحيحة فقط أو نسيت شيئاً ما ولم تنسَ شيئاً آخر وفعلت العمل بشكلٍ صحيح فإنك تحصل على الأجوبة الصحيحة التي يجب أن تتأكد بالتجربة تقدّم بعض الاقتراحات لكي أدرسها، كنت أعلم الشيء الكثير عن الحركة الكهربائية في ذلك الوقت من خلال محاولتي تجربة هذه النظرية المجنونة وكتابتها بحوالي

655 شكلاً مختلفاً من النوع الذي أعرف كيف أفعله وما يريده هو، أي كيف تتحكَّم وتنظِّم هذا الحساب بطريقة سلسة وملائمة ويكون لديك الطرق الفعالة كي تنفذها، وبعبارة أخرى استخدمت الأشياء والأدوات التي طوَّرتها لأصل إلى النظرية التي وضعتها بالاستناد إلى النظرية القديمة ـ يبدو ذلك أنه هو الشيء الصحيح الذي يجب أن تفعله ولكني لم أفكر بذلك لسنين ـ ووجدت في ذلك الوقت أنها كانت قوية جداً وأني أستطيع الوصول إلى أشياء بالنظرية القديمة بأسرع من أي شخصٍ آخر من قبل.

المذيع:

بالإضافة إلى الكثير من الأشياء الأخرى، قدَّمت نظرية الدكتور فينمان عن الحركة الكهربائية الكمومية فهماً عميقاً جديداً للقوى التي تجمع المادة مع بعضها، وكذلك أضافت كمية أخرى قليلة إلى ما نعرفه عن خصائص الجسيمات الصغيرة ذات العمر القصير جداً والتي يتألف منها كل شيءٍ موجودٍ في الكون وعندما يتعمق الفيزيائيون بشكلٍ أكبر في بنية الطبيعة سيجدون أن ما بدا مرةً بسيطاً جداً يمكن أن يكون معقَّداً جداً، وأن ما بدا معقَّداً جداً يمكن أن يكون بسيطاً جداً وأدواتهم في ذلك محطمات الذرة ذات الطاقة العالية التي تستطيع تكسير الجزيئات الذرية إلى شدفٍ أصغر وأصغر.

فينمان:

عندما بدأنا ننظر إلى المادة رأينا ظواهر عديدة مختلفة ـ الرياح والأمواج والقمر وغيرها من الأشياء. حاولنا التعرُّف عليها وتساءلنا هل تشبه حركة الريح حركة الأمواج وما إلى ذلك من أمور؟ وبالتدريج وجدنا أن أشياء وأشياء كثيرة تتشابه فيما بينها ولم تكن الاختلافات كبيرة بالقدر الذي كنانظنه، فهمنا كل الظواهر كما حصلنا على المبادئ التي تتحكَّم بها، وكان يبدو أن أحد أهم المبادئ هو الفكرة القائلة بأن الأشياء مصنوعة من أشياء أخرى. وجدنا مثلاً أن المادة بكاملها مؤلفة من ذرات عندئذٍ يمكنك فهم الكثير طالما أنك تفهم خصائص الذرات، وفي البداية يُفترض بأن الذرات بسيطة ولكن اتضح بأنك كي تستطيع أن توضح كل الأنواع المختلفة، أي ظاهرة المادة فيجب أن تكون الذرات أكثر تعقيداً وأن هناك 92 ذرة. في الحقيقة يوجد أكثر من ذلك لأن لكلٍ منها وزنٌ مختلف ولكي تفهم عندئذٍ الأنواع المختلفة لخصائص الذرات تبدأ عندها المشكلة الثانية. وقد وجدنا أننا نستطيع أن نفهم فيما إذا قررنا أن الذرات نفسها مؤلفة من أجزاء ـ في هذه الحالة المعينة فإننا نعني النواة التي تدور حولها الالكترونات ـ وأن كل الذرات المختلفة هي أعدادٌ مختلفة من الالكترونات فإننا نحصل على نظامٍ مجمع جميل يعمل بفعالية.

تتألَّف الذرَّات المختلفة من نفس المكونات ولكن بأعداد متباينة من الالكترونات، وعلى اعتبار أن النواة هي التي تختلف لذلك بدأت الدراسة بها، كان هناك أنواعٌ كثيرة وحالما بدأت التجارب بضرب الأنوية مع بعضها ـ من قبل رذرفورد ورفاقه ـ اكتشفوا في البداية اعتباراً ـ من عام 1914 ـ أنها كانت معقَّدة، كما أدركوا في ذلك الوقت أنها يمكن أن تُفهم إذا كانت مؤلفة من أجزاء أيضاً. في الواقع تتألف الذرَّة من بروتونات ونيوترونات، وهي تتآثر عن طريق بعض القوى التي تمسكها معاً، ولكي نفهم النواة يجب علينا أن نفهم هذه القوة أكثر قليلاً، وبشكلٍ عرضي ـ وبالنسبة لموضوع الذرات كان هناك أيضاً قوة وهي قوة كهربائية ونحن نفهمها جيداً، وهكذا وبالإضافة إلى الالكترونات كانت هناك القوة الكهربائية التي تمثلها فوتونات الضوء، والضوء والقوة الكهربائية متكاملان معاً ويؤلفان شيئاً واحداً يدعى الفوتونات لذلك ففي العالم الخارجي ـ إذا جاز التعبير ـ الموجود خارج النواة توجد الالكترونات والفوتونات ونظرية سلوك الالكترونات هي ما يسمى بالحركة الكهربائية الكمومية وهذا هو الشيء الذي عملت به وحصلت بموجبه على جائزة نوبل.

وإذا ذهبنا الآن إلى النواة فإنها يمكن أن تتألف من بروتونات ونيترونات ولكن تبقى هناك هذه القوة الغريبة، إن محاولة فهم هذه القوة الغريبة هي المشكلة الثانية، ومختلف

الإقتراحات التي تقول باحتمال وجود جسيمات أخرى كان قد قدمها ياكاوا*، وهكذا أجرينا تجارب تضمَّنت ضرب البروتونات والنيوترونات معاً بطاقة عالية فظهرت أشياء جديدة تدعى الميزونات. يبدو أن ياكاوا كان على حق، تابعنا التجربة، وما حدث بعد ذلك أننا حصلنا على أعداد كبيرة من الجسيمات المختلفة وليس نوعاً واحداً من الفوتونات، كما ترى نحن ضربنا الفوتونات والنيوترونات معاً وحصلنا على أكثر من 400 نوع من الجسيمات المختلفة ـ جسيمات لامبدا وجسيمات سيجما وكلها جسيماتٌ مختلفة وميزونات K وما إلى ذلك. حسناً كما توصَّلنا صدفةً إلى الميونات ولكن يظهر أن ليس لها علاقة بالنيترونات والبروتونات وعلى الأقل ليس أكثر من علاقة الالكترونات وهذا جزءٌ إضافي آخر غريب لا ندري إلى أين سيقودنا وهو يبدو كإلكترون ولكنه أثقل وبهذا الشكل وجد لدينا إلكترونات وميونات لا تتآثر بقوة مع الأشياء الأخرى وهذه الأشياء الأخرى ندعوها جسيمات متآثرة بشدة أو ندعوها بالهاردونات، وهي تضم البروتونات والنيوترونات وكل الأشياء التي تحصل عليها فوراً عندما تضربها مع بعضها بقوة. المشكلة الآن هي أن تحاول تمثيل الخصائص العائدة لكل هذه الجسيمات باستخدام أي طريقة تنظيمية وهذه لعبة كبيرة وكلنا

* هيديكي يوكاوا (1907 ـ 1981) الفائز بجائزة نوبل للفيزياء عام 1949 لتنبؤه بوجود الميزون (التحرير).

نعمل عليها وهي تُدعى فيزياء الطاقة العالية أو فيزياء الجسيمات الأساسية، وكان من المعتاد أن تسمَّى بفيزياء الجسيمات الأساسية ولكن لا أحد يصدق أن 400 جزء مختلف هي أجزاءٌ أساسية. هناك احتمالية أخرى وهي أن هذه الأجزاء نفسها مؤلفة من أجزاءٍ أعمق وهذا يبدو أنه احتمالية معقولة وبهذا الشكل تم اختراع نظرية تدعى نظرية الكواركات والشيء المؤكد بالنسبة لأشياء مثل البروتونات مثلاً أو النيوترونات أنها تتألف من ثلاثة أجزاء تدعى الكواركات.

المذيع:

لم يستطع أحد حتى الآن أن يرى الكوارك وهذا أمرٌ مؤسف لأنها يمكن أن تمثِّل وحدات البناء الأساسية لكل الذرات الأخرى الأكثر تعقيداً والجزيئات التي يتألَّف منها الكون. وقد اختير الاسم عشوائياً من قبل زميل الدكتور فينمان موراي جلمان منذ عدة سنوات، وكنوعٍ من المفاجأة للدكتور جلمان فإن القصاص الإيرلندي جيمس جويس قد توقَّع هذا الاسم مسبقاً قبل ثلاثين عاماً في كتابه Finnegan's Wake وكانت العبارة الرئيسية «ثلاث كواركات للسيد موستر مارك» وحتى أن ذلك كان مفاجأةً أكبر على اعتبار، كما أوضح الدكتور فينمان، أن الكواركات التي شكَّلت الجسيمات الموجودة في الكون أتت على شكل ثلاثيات وفي بحثهم عن الكواركات يقوم الفيزيائيون بضرب البروتونات والنيوترونات معاً بطاقات عالية جداً على أمل

أن تتحطم إلى أجزائها من الكواركات خلال عملية الضرب هذه.

فينمان:

كل ذلك صحيح، وأحد الأشياء التي أعاقت نظرية الكوارك هو أنها حولاء بشكلٍ واضح، لأن الأشياء لو كانت مصنوعة من كواركات وضربنا بروتونيين ببعضهما فينتج ثلاث كواركات في بعض الأحيان، ولكن اتضح أنه في نموذج الكوارك الذي نحن بصدده فإن الكواركات تحمل شحناتٍ كهربائية غريبةً جداً، وكل الجسيمات التي نعرفها في العالم تحمل شحناتٍ متكاملة وعادةً ما تكون عبارة عن شحنة كهربائية واحدة ذات إشارة زائد أو ناقص أو بدون إشارة على الإطلاق، ولكن نظرية الكواركات قالت بأن الكواركات تحمل شحناتٍ مثل ناقص ثلث أو زائد ثلثين من الشحنة الكهربائية، وإذا وجد مثل هذا الجزيء فإنه سيكون واضحاً لأن عدد الفقاعات التي سوف يتركها في حجرة الفقاعات عندما يرسم خط سيره ستكون أكثر (صغراً)، فإذا كان لديك ثلث شحنة فإنها سوف تثير 1/9 من الذرَّات عندما تعود ـ مربع العدد ـ على نفس المسار، أي سيكون هناك واحد على تسعة من الفقاعات على طول هذا المسار مما تحصل عليه بالنسبة لجسيم عادي وهذا واضح لأنك إذا شاهدت مساراً مرسوماً بخطٍ فاتح فلا بد من أن يكون هناك شيءٌ خاطئ، وقد فتَّشوا وفتَّشوا عن مثل هذا المسار ولم

يجدوه حتى الآن، وهذا هو أحد المشاكل الخطيرة وهنا تكمن الإثارة، هل نحن نسير على المسار الصحيح أم نحن نسير في ظلامٍ دامس حيث يكون الجواب موجوداً هناك أو إلى اليمين أو نحن نقوم بشمِّها عن قرب ولم نصل بعد إلى الشيء الصحيح؟. وعندما نفهمها بالشكل الصحيح فسوف نفهم فجأةً لماذا بدت التجربة مختلفة.

المذيع:

وماذا لو كانت هذه التجارب ذات الطاقة العالية بمحطّمات الذرة وحجرات الفقاعات قد أظهرت فعلاً أن العالم مؤلفاً من كواركات؟ هل سنكون قادرين على رؤيتها بطريقة عملية؟

فينمان:

حسناً، بالنسبة لمشكلة فهم الهاردونات والميونات وما إليها، فإني أرى في الوقت الحاضر عدم وجود أي تطبيقٍ لها على الإطلاق أي لا يوجد عملياً أي شيء، وفي الماضي قال الكثيرون أنهم لا يرون أي تطبيق فإذا هم فيما بعد يجدون لها تطبيقات عملية وكثيرٌ من الناس يأملون تحت هذه الشروط أنه لا بد من وجود شيءٍ مفيد ولكن لكي يكون أميناً ـ أعني أنه يبدو غبياً: فالقول أنه لا يوجد أي شيءٍ مفيد هو حماقةٌ واضحة، لذلك سأكون أحمقاً وأقول: هذه الأشياء لن يكون لها أي تطبيق ـ وعلى حد ما أعلمه فأنا غبيٌ جداً إذا كنت أتوقع أن

أرى ذلك. إذاً؟ لماذا تقوم بكل هذا العمل؟ فالتطبيقات ليست هي الشيء الوحيد في العالم ومن الممتع جداً أن نعرف ممَّ يتألَّف الكون، وهي نفس المتعة والفضول الذي دفع الإنسان لبناء المقاريب (التلسكوبات)، ما الفائدة من اكتشاف عمر الكون؟ أو ما هي هذه الكوازارات (أشباه النجوم) التي تنفجر على هذه المسافات الهائلة؟ أعني ما فائدة كل إنجازات علم الفلك؟ لا يوجد أيٌّ منها وعلى الرغم من ذلك فهي ممتعة، لذلك فإنني أتبع نفس هذا النوع من الاكتشاف لعالمنا وإنه لحب الفضول الذي أُحاول أن أشبعه وإذا كان الفضول الإنساني يمثل حاجة فلا بد من محاولة إشباع هذا الفضول، عندها يكون الأمر عملياً بمعنى أن الفضول هو الفضول، هذه هي الطريقة التي أنظر بها إلى الموضوع في الوقت الحاضر ولن أتقدم بأي وعد بأن الأمر سيكون عملياً من حيث المعنى الاقتصادي.

المذيع:

هذا بالنسبة للعلم نفسه فماذا يعني ذلك بالنسبة لنا، يقول الدكتور فينمان أنه يرفض أن يفلسف الموضوع، ولكن ذلك لم يمنعه من الخروج بأفكارٍ ممتعة واستفزازية تدور حول ما يعتقده بأنه علمي وغير علمي.

فينمان:

حسناً، سأقول بأن العلم هو نفسه كما كان دائماً منذ اليوم

الذي بدأ فيه وهو عبارة عن السعي وراء فهم موضوعٍ معين أو فهم شيءٍ يستند إلى المبدأ الذي يقول بأن ما يحدث في الطبيعة هو صحيح وهو الحكم على صحة أي نظرية تدور حوله، يقول ليسينكو: إذا قطعت ذيول الجرذان لخمسمئة جيل عندها لن يكون للأجيال الجديدة التي تلد أي ذيول (أنا لا أعرف فيما إذا قال ذلك أم لا، ولكن لنقل أن السيد جونز هو الذي قال ذلك) وإذا جرَّبته بعد ذلك ولم ينجح فنعلم عندها أن الأمر غير صحيح، هذا هو المبدأ، أي الفصل بين الصحيح والمزيَّف عن طريق التجربة والخبرة، وهذا المبدأ وهيكل المعرفة الناتج عنه والموافق له هو ما يمكن أن ندعوه بالعلم.

نجلب إلى العلم أيضاً، بالإضافة إلى التجربة، كمية هائلة من المحاولات الثقافية الإنسانية المتمثِّلة في التعميم، والعلم ليس مجرد مجموعة من تلك الأشياء التي حدثت وكانت صحيحة عندما جُرِّبت، وهو ليس مجموعة من الحقائق تدور فقط حول عما يحدث عندما تقطع ذيول (الجرذان) لأنه سيكون كثيراً جداً بالنسبة لنا لكي نحفظه في عقولنا فلقد وجدنا عدداً كبيراً من التعميمات فمثلاً إذا كان حقيقياً بالنسبة للجرذان والقطط فسنقول بأنه حقيقيٌ أيضاً بالنسبة للثدييات، ثم نكتشف أنه إذا كان حقيقياً بالنسبة للحيوانات الأخرى فلا بد أن يكون حقيقياً بالنسبة للنباتات ويصبح أخيراً خاصية من خصائص الحياة لحدٍ معيَّن بحيث لا يُورث كخاصية مكتسبة، وهذا ليس

صحيحاً بدقَّة لا فعلياً ولا مطلقاً، وقد اكتشفنا فيما بعد تجارب تظهر أن الخلايا يُمكن أن تحمل معلومات على حبيباتها الخيطية أو على أي شيءٍ آخر بحيث نستطيع تعديلها أثناء مضينا في البحث ولكن على اعتبار أن كل المبادئ يجب أن تكون أعم وأوسع ما يمكن وأن تكون متفقة مع التجربة وهذا هو التحدي.

كما ترى تتمثل المشكلة في الحصول على حقائق من التجربة (تبدو بسيطة جداً جداً، جربها وسوف ترى) ولكن الإنسان ذو شخصية ضعيفة، وقد اتَّضح أن القيام بالتجربة وانتظار النتائج أصعب مما تعتقد. فمثلاً خذ التعليم، يأتي شخصٌ ويرى الطريقة التي تدرس بها الرياضيات ويقول «لدي فكرة أفضل، سأقوم بعمل حاسوب على شكل لعبة وأعلم الطلاب بها» ثم يُحاول تجربتها على عددٍ من الأطفال، وإذا لم يكن لديه عددٌ كبيرٌ من الأطفال ربما أعطاه أحدهم صفاً ليجرِّب عليه وهو يحب ما يقوم به ومتحمِّس ويفهم قضيته تماماً فيعرف الأطفال أن هذا شيءٌ جديدٌ بالنسبة لهم، لذلك فهم متحمِّسون جداً ويتقبَّلون الأمر بصورةٍ جيدة جداً ويتعلمون الحساب العادي بصورةٍ أفضل مما يفعله بقية الأطفال وعندما تقوم باختبارهم تكتشف أنهم تعلموا الرياضيات ويسجل هذا الأمر على أنه حقيقة ويتحسن تدريس الرياضيات بهذه الطريقة. لكن هذا الأمر ليس حقيقة لأن أحد شروط التجربة كان ينص على أن الشخص الذي اخترعها هو الذي يقوم بالتدريس والشيء الذي تريد أن

تعرفه فعلاً هو: إذا كان لديك هذه الطريقة مشروحة في كتاب بالنسبة لأستاذٍ متوسط (وأنت مضطرٌ لأن يكون لديك أساتذة متوسطون لأن الأساتذة منتشرون في كل أنحاء العالم وكثيرٌ منهم متوسطون) فإنه سيأخذ هذا الكتاب ويحاول أن يدرسه حسب الطرق الموصوفة، فهل يكون هذا الأمر أفضل أم لا؟ وبعبارةٍ أخرى ما يحدث هو أنك تحصل على كل الحقائق المنشورة عن التعليم وعلم الاجتماع وحتى عن علم النفس وكل الأشياء التي أدعوها بالعلم المزيَّف، يدعي هؤلاء بأنهم قاموا بعمل إحصائيات بشكلٍ دقيقٍ جداً وقاموا بإجراء التجارب وهي في الواقع غير مضبوطة بتجارب شاهدة كما أن (النتائج) غير قابلة للتكرار وغير مضبوطة بتجارب شاهدة أيضاً ويكتب المجرِّبون تقارير عن كل هذه الأمور، وعلى اعتبار أن العلم الذي يتم عمله بطريقة دقيقة يكون ناجحاً فإن قيامهم بعمل شيءٍ مشابهٍ يمكنهم من الحصول على بعض الشرف ولدي مثالٌ على ذلك:

في جزر سليمان، كما يعرف الكثير من الناس، لم يفهم السكان البدائيون الطائرات التي هبطت في جزرهم خلال الحرب العالمية الثانية وجلبت كل أنواع البضائع الخاصة بالجنود ولديهم الآن ما يُسمَّى بعبادة الطائرات حيث قام هؤلاء البدائيون بمد مهابط صناعية ووضعوا المشاعل حولها على أنها أضواء تساعد الطائرات على الهبوط، يجلس أحدهم في كوخٍ خشبي

وعلى رأسه سماعاتٌ خشبية مع عيدانٍ من الخيزران على شكل هوائيات ويحرِّك رأسه جيئةً وذهاباً كما صنعوا بيوتاً خشبية لهوائي الردار وكل الأشياء اللازمة على أمل إغراء الطائرات بالقدوم إليهم مع ما تحمله من بضائع يقلد هؤلاء البدائيون العمل بدقة كما فعل الطرف الآخر تماماً»

إن كثيراً جداً من نشاطنا المعاصر في العديد من المجالات يُشابه هذا النوع من العلم الذي يدعو الطائرات للقدوم، فمثلاً علم التربية والتعليم ليس بعلم على الإطلاق فهو يشتمل على ذلك النوع من العمل الذي يشتّاق لتلك الطائرات الخشبية ولكن ذلك لا يعني بأنهم يجدون شيئاً فعلياً، لنأخذ علم الجريمة وإصلاح السجون ومعرفة لماذا يرتكب الناس الجرائم. . . انظر إلى العالم فنحن نفهمه أكثر عن طريق فهمنا الحديث لهذه الأشياء، هناك الكثير حول التعليم والكثير فيما يتعلَّق بالجريمة فعلامات الطلاب في الامتحانات تنخفض باستمرار ويزداد عدد الذين يدخلون السجن ويزداد عدد الشباب الذين يرتكبون الجرائم ونحن لا نفهم لماذا يحدث كل ذلك ومن العبث القيام باكتشاف أشياء جديدة عن هذه المواضيع باستخدام الطريقة العلمية من نوع التقليد الذي يُستخدم الآن. حالياً ! هل ستنجح الطريقة العلمية في هذه المجالات إذا عرفنا كيف نستخدمها؟ الجواب: لا أعرف لأن الاستمرار بهذا الشكل ليس جيداً بالضبط، ربما توجد طريقةٌ أخرى.... فمثلاً الإصغاء

إلى أفكار الماضي وخبرات الآخرين لمدة طويلة من الزمن يمكن أن يكون فكرة جيدة، وتكون الفكرة جيدة بعدم الرجوع إلى الماضي عندما يكون هناك مصدرٌ مستقلٌ آخر للمعلومات وقررت اتباعه، ولكن يجب عليك الانتباه إلى من تَتَّبع إذا قررت أن (تتجاهل) حكمة من سبقك في النظر إليه وفكَّر فيه ووصل إلى نتيجةٍ غير علمية فهؤلاء لهم الحق في أن يكونوا محقِّين مثلك تماماً في هذا العصر بالوصول إلى نتيجة غير علمية.

حسناً ما رأيك؟ هل أصلح أن أكون فيلسوفاً؟

المذيع:

في هذه الحلقة من مستقبل العلم - وهي سلسلة مسجَّلة من المقابلات مع الفائزين بجائزة نوبل - استمعتم إلى الدكتور ريتشارد فينمان من معهد كاليفورنيا التكنولوجي. تم تحضير السلسلة تحت رعاية الاتحاد الأمريكي لتقدم العلم.

13

العلاقة بين العلم والدين

في نوع من التجربة التأملية يناقش فينمان مختلف وجهات النظر لِلجنة تَخَيُّلِيَّة ليُصوِّر تفكير العلماء والروحانيين ويبحث في نقاط الاتفاق والاختلاف بين العلم والدين ومتوقعاً، خلال عقدين من الزمن، الجدل الحالي النشط بين هاتين الطريقتين المختلفتين جذرياً في البحث عن الحقيقة. ومن بين الأسئلة الأخرى يتساءل فينمان هل يمكن للملحدين أن يكون لديهم أخلاق مبنيَّة على ما يخبرهم به العلم، بنفس الطريقة التي يستطيع بها الروحانيون الحصول على الأخلاق بالاستناد إلى إيمانهم بالله، وهو موضوع فلسفي غير عادي بالنسبة ليفنمان البراجماتي.

في عصر الاختصاص هذا، فإن الناس الذين يعرفون عن أحد المجالات بشكلٍ كامل هم غالباً غير أكفَّاء ليبحثوا في مجالٍ آخر، ولهذا السبب فإن المشاكل الكبيرة في العلاقات بين مظهر وآخر من النشاط الإنساني بدأ يقل بحثها علناً وبصورة تدريجية، وعندما ننظر إلى النقاشات الكبيرة الماضية حول هذه المواضيع نشعر بالغيرة من تلك الأيام لأننا أحببنا الإثارة الناتجة عن مثل هذا الجدل، والمشاكل القديمة مثل العلاقة بين العلم والدين لا تزال تعيش بيننا، وأنا أعتقد أنها لا تزال تمثِّل معضلاتٍ صعبة تماماً كما في الماضي ولكنها غالباً لا تُبحث علناً بسبب محدودية الاختصاص.

نظراً لأني كنت مهتماً بهذه المشكلة منذ زمنٍ طويل وأرغب في بحثها، ونظراً لقصور معرفتي وفهمي الواضحين جداً فيما يتعلق بالدين (والذي سوف يتَّضح أكثر وأكثر كلما تعمَّقنا في الموضوع) سأقوم بتنظيم النقاش على النحو التالي: سأفترض بأن مجموعة من الرجال ـ وليس رجلاً واحداً ـ هي التي تقوم ببحث المشكلة وأن هذه المجموعة تضم أخصائيين من مختلف الحقول ـ مختلف العلوم والديانات الخ... ـ وأننا سوف نبحث المشكلة من جوانب متعدِّدة كما تفعل أي لجنة، وسيقوم كل طرف بعرض وجهة نظره والتي يمكن أن تسبك وتعدل من خلال النقاشات اللاحقة، كما أتخيَّل أيضاً أحداً ما كان قد اختير من قبل المجموعة ليكون أول من يعرض آراءه

وعلى هذا الأساس فقد تم اختياري حسب هذه الطريقة لأكون أول المتحدثين.

سأبدأ بأن أواجه اللجنة بهذه المشكلة: رجلٌ يافع تربَّى في أسرة متديِّنة ودرس العلوم، ونتيجةً لذلك تولَّد لديه الشك ـ وربما الإنكار فيما بعد ـ في إله والده. إن هذا المثال الآن ليس مثالاً معزولاً أو فردياً فهو يحدث المرة تلو الأخرى، وعلى الرغم من عدم توفُّر الإحصائيات لدي عن هذا الموضوع لكني أعتقد أن كثيراً من العلماء ـ أعتقد في الحقيقة أن أكثر من نصف العلماء ينحو بهذا الاتجاه ـ ينكرون فعلياً إله والدهم أي أنهم لا يؤمنون بالإله بالمعنى التقليدي.

الآن وعلى اعتبار أن الإيمان بالله هو مظهرٌ جوهري بالنسبة للدين، فإن هذه المشكلة التي اخترتها تشير بقوةٍ إلى المشكلة في العلاقة بين العلم والدين فلماذا توصل هذا الشاب إلى عدم الإيمان؟

إن أول جوابٍ يمكن أن نسمعه بسيطٌ جداً: فكما ترى تعلَّم الشاب على أيدي العلماء وهم كلهم مُلحدون (كما أوضحت الآن) من داخلهم لذلك فإن الشر ينتقل من أحدهم إلى الآخر، ولكنك إذا استطعت أن استمتعت بوجهة النظر هذه فأنا أعتقد أنك تعرف القليل عن العلم بالمقارنة بما أعرفه عن الدين.

هناك احتمالٌ لجوابٍ آخر يفيد بأن شيئاً قليلاً من المعرفة خطرٌ جداً وقد تعلَّم هذا الشاب شيئاً قليلاً وهو يظن بأنه قد تعلَّم كل شيء، لكنه سرعان ما يخرج من سذاجة السنة الثانية في الكلية ويُدرك أن العالم أكثر تعقيداً وسوف يبدأ من جديد في إدراك أنه لا بد من وجود إله.

لا أعتقد بضرورة خروجه من الموضوع، هناك كثيرٌ من العلماء ـ رجالٌ يريدون أن يسمُّوا أنفسهم بالناضجين ـ الذين لا يزالون يعتقدون بعدم وجود إله، وفي الحقيقة ـ كما أُريد أن أوضح فيما بعد ـ فإن الجواب ليس أن الشاب يظن بأنه يعرف كل شيء ولكن العكس هو الصحيح.

الجواب الثالث الذي يمكن أن تحصل عليه هو أن هذا الشاب فعلاً لا يفهم العلم بشكلٍ صحيح، وأنا لا أعتقد بأن العلم ينكر وجود الإله كما إني أعتقد بأن هذا أمرٌ مستحيل، وإذا كان مستحيلاً فهو ليس إيمانٌ بالعلم وبالإله ـ الإله التقليدي في الدين ـ وهذا احتمالٌ ثابت.

نعم إنه ثابت على الرغم من حقيقة أني قلت أن أكثر من نصف العلماء لا يؤمنون بالإله، لكن كثيراً منهم يؤمنون بالإله وبالعلم وبطريقة راسخة وبشكلٍ كامل، لكن هذا الرسوخ ـ على الرغم من كونه ممكناً ـ ليس من السهل الوصول إليه، وأحب هنا أن أجرِّب في بحث مسألتين: لماذا لا يكون من السهل الوصول إليه وهل يستحق الوصول إليه.

عندما أقول «الإيمان بالإله» فإن هذا الأمر طبعاً هو دائماً عبارة عن أحجية ـ من هو الإله؟ ما أعنيه هو نوعٌ من إلهٍ شخصي من النوع الذي يُميِّز الأديان الغربية: إلهٌ تصلي له وله علاقة بخلق الكون وبهدايتك من الناحية الأخلاقية.

عندما يتعلَّم الطالب هناك مصدران للصعوبة في محاولة دمج العلم والدين معاً، تتمثل الصعوبة الأولى في أنه من المستحسن في العلم الوصول إلى الشك وهو أمرٌ ضروري جداً حيث أنك لكي تتقدم في العلم يجب أن يكون الشك جزءاً أساسياً من طبيعتك الداخلية، ولكي نستطيع أن نتقدم من حيث الفهم فيجب علينا أن نبقى متواضعين وأن نعترف بأننا لا نعرف، إذ لا يوجد هناك أي شيءٍ مؤكَّد أو مثبَّت بعيداً عن كل شك. أنت تبحث بدافع الفضول لأن الشيء الذي تبحث عنه هو الشيء المجهول وليس لأنك تعرف الجواب، كما أن اكتسابك لمزيدٍ من المعرفة في العلوم لا يعني أنك اكتشفت الحقيقة ولكنك تكتشف أن هذا أو ذاك هو أقل أو أكثر احتمالاً.

أي إذا تعمَّقنا في البحث فإننا سنجد أن معطيات العلم لا تحتوي على ما هو صحيح وغير صحيح ولكنها بيانات تحتوي على ما هو معروف بدرجاتٍ مختلفة من الشك: «الأكثر احتمالاً أن هذا الشيء هو أصح من ذلك الشيء غير الصحيح» أو «أن ذلك الشيء هو مؤكَّد تقريباً ولكن لا يزال يوجد قليلٌ من

الشك» أو ـ على الطرف الأقصى الآخر ـ «حسناً نحن لا نعرف بشكلٍ مؤكد». إن كلاً من مفاهيم العلم موجودٌ على مقياسٍ مُدرج في مكانٍ ما بين طرفيه لكنه ليس موجوداً عند أحد الطرفين طرف الحقيقة المطلقة أو الزيف المطلق.

من الضروري كما أعتقد أن نقبل هذه الفكرة ليس من أجل العلم فقط ولكن لأشياء أخرى أيضاً حيث من الأميَّة بمكان الاعتراف بالجهل، فالحقيقة هي أنه عندما نقوم باتخاذ القرارات المتعلقة بحياتنا فنحن لا نعرف بالضرورة بأننا نقوم بذلك بشكلٍ صحيح حيث أننا نظن فقط بأننا نقوم بأفضل ما نستطيعه وهذا ما يتوجَّب علينا أن نفعله.

الموقف من الشك

أعتقد أننا عندما نعرف أن نعيش فعلاً في الشك فيجب علينا أن نعترف بذلك ومن الأهمية بمكان أن نُدرك أننا لا نعرف الأجوبة عن الأسئلة المختلفة. هذا الموقف للعقل ـ هذا الموقف التشكُّكي ـ هو حيويٌ للعالم وموقف العقل هذا، والذي يجب على الطالب أن يحصل عليه أولاً، يصبح عادةً بالنسبة للتفكير وعندما يتم الحصول عليه فلا يستطيع المرء أن يتراجع عنه أبداً.

ما يحدث عندئذٍ هو أن الشاب يبدأ بالشك في كل شيء لأنه لا يستطيع أن يتناول هذا الشيء كحقيقة مُطلقة، لذلك فإن

السؤال يتغيَّر قليلاً من «هل هناك إله» إلى «ما هي درجة التأكُّد من وجود إله»، هذا التغيُّر الطفيف جداً هو شوطٌ كبير ويمثِّل مُفترق طرق بين العلم والدين. لا أعتقد أن العالم الحقيقي قد يستطيع أن يفكِّر بنفس الطريقة مرَّة أخرى أبداً، وعلى الرغم من وجود علماء يؤمنون بوجود إله، لكني لا أعتقد بأنهم يفكِّرون بالإله بنفس الطريقة التي يفكِّر بها المتدينون، وإذا كانوا راسخين في علمهم فإني أعتقد أنهم يقولون بينهم وبين أنفسهم: «أنا متأكِّد تقريباً من وجود إله وأن الشك في ذلك قليلٌ جداً» وهذا يختلف تماماً عن القول «أنا أعرف أن الإله موجود» أنا لا أعتقد أن هناك عالماً يصل إلى وجهة النظر هذه ـ هذا الفهم الديني الواقعي والمعرفة الحقيقية التي تقول بوجود الإله ـ أي ذلك التأكد المطلق الذي يعتنقه المتدينون.

من الطبيعي ألا تبدأ عملية الشك هذه دائماً بالهجوم على السؤال الذي يُشكِّك بوجود إله لأنه من المعتاد أن يبدأ الأمر أولاً بتدقيق التعاليم الدينية الخاصة مثل قضية الحياة بعد الموت، ولكن الأكثر أهمية هو التوجُّه مباشرةً إلى المشكلة الرئيسية بطريقة صريحة وبحث وجهة النظر الأكثر تطرفاً التي تُشكك بوجود الإله.

عندما يبعد السؤال عن المطلق ويبدأ بالهبوط على مقياس الشك عندها يمكن لهذا السؤال أن ينتهي في مواقع مختلفة جداً وفي كثيرٍ من الحالات ينتهي به الأمر لأن يكون قريباً جداً من

التأكد، ولكن من ناحية أخرى ـ بالنسبة للبعض ـ فإن حصيلة الفحص الدقيق لنظرية والده عن الإله يمكن أن يكون الادعاء بأنها خاطئة بشكلٍ مؤكدٍ تقريباً.

الإيمان بالإله وحقائق العلم

يوصلنا ذلك إلى الصعوبة الثانية التي يحاول بها طالبنا أن يدمج العلم مع الدين: لماذا تنتهي الأمور غالباً باعتبار أن الإيمان بالإله ـ الإله من النوع الديني على الأقل ـ هو غير منطقي أبداً وغير مُحتمل؟ أظن أن الجواب له علاقة بالأشياء العلمية ـ بالحقائق أو الحقائق الجزئية ـ التي يتعلَّمها الإنسان.

فمثلاً إن حجم الكون هو رهيبٌ فعلاً وأننا موجودون على جسيم صغيرٍ جداً يدور حول الشمس التي هي واحدة من آلاف ملايين النجوم في مجرَّتنا والتي هي واحدة من مليارات المجرات.

مرة أخرى هناك العلاقة الوثيقة بين الإنسان البيولوجي والحيوانات وبين شكلٍ من أشكال الحياة وشكلٍ آخر. والإنسان هو آخر قادمٌ متأخر في دراما التطور، هل يكون الباقون عبارة عن هيكل من السقالات التي تمهِّد لخلقه؟

من جديد هناك الذرَّات التي تبدو كلها مبنيَّة حسب قوانين ثابتة ولا يمكن لشيء أن ينفكُّ عنها أبداً فالنجوم مصنوعة من نفس المادة والحيوانات مصنوعة من نفس المادة أيضاً ولكن في

خضم هذا التعقيد فإن كل ذلك يبدو حياً مثل الإنسان نفسه.

إنها لمغامرة عظيمة أن نمعن النظر في الكون إلى أبعد من الإنسان وأن نفكر فيما يعنيه هذا الكون بدون الإنسان كما كان حاله في الجَزء الأعظم من تاريخه الطويل وكما هي حاله في كثيرٍ من الأماكن، وعندما يتم الوصول إلى هذه الفكرة الموضوعية في النهاية وعندما يتم الإعجاب بسر وعظمة المادة عندها يمكن أن تعود العين الموضوعية إلى الإنسان وتعتبره مادة، ولرؤية الحياة كجزء من اللغز الكوني ذي العمق الكبير فمعنى ذلك هو الإحساس بتجربة نادراً ما يمكن وصفها، وتنتهي هذه التجربة عادةً بالضحك والمتعة من الفشل في محاولة الفهم. إن وجهات النظر العلمية هذه تنتهي بالخشية والمهابة والغموض وتفقد عند الحافة في حالة من الشك ولكنها تبدو عميقة ومهيبة بحيث أن النظرية التي تقول أن الأمور رُتِّبَت ببساطة كمسرح يقوم الإله بمراقبة الإنسان في صراعه بين الخير والشر تبدو غير كافية.

لذلك دعونا نفترض أن هذه هي حالة طالبنا المعني وأن القناعات تنمو بحيث يؤمن أن الصلوات الفردية، مثلاً، لا تُسمع (أنا لا أحاول أن أدحض حقيقة الإله ولكن ما أحاوله هو إعطاء فكرة ـ وبعضاً من التعاطف مع ـ الأسباب التي تدعو الكثيرين للتفكير بأن الصلوات لا معنى لها)، ومن الطبيعي كنتيجة لهذا الشك فإن أسلوب الشك يتحول فيما بعد إلى

مشكلات أخلاقية لأنه في الدين الذي تعلَّمه ترتبط المشكلات الدينية بكلمة الإله وإذا كان الإله غير موجود فما معنى هذه الكلمة؟ ولكن بالأحرى، وبصورة مفاجئة كما أعتقد، تخرج المشكلات الأخلاقية في النهاية سالمة، وربما يُقرِّر الطالب في البداية بأن هناك أشياءٌ صغيرة خاطئة لكنه غالباً ما يقوم بعكس هذا الرأي فيما بعد وينتهي دون التوصل إلى وجهة نظر أخلاقية مغايرة بشكلٍ جذري.

يبدو أن هناك نوعٌ من الاستقلالية في هذه الأفكار. في النهاية من الممكن الشك بالإيمان بحزم أيضاً بأنه شيءٌ جيِّد أن تُحسِن إلى جارك كما تريد أن يُحسِن إليك، ومن الممكن أن تحمل وجهتي النظر هاتين في نفس الوقت، كما أقول بأني أتمنَّى أنكم ستجدون أن زملائي من العلماء الملحدين لهم أيضاً مكانَتهم المرموقة في المجتمع.

الشيوعية ووجهة النظر العلمية

أُريد أن أعقِّب باختصار على اعتبار أن كلمة «إلحاد» مرتبطة بشكلٍ وثيق «بالشيوعية». إن وجهات النظر الشيوعية هي مناقضة للعلم بمعنى أن في الشيوعية تُعطى الأجوبة عن كل الأسئلة ـ الأسئلة السياسية بالإضافة إلى الأخلاقية ـ بدون مناقشة وبدون وجود شك، ووجهة النظر العلمية هي عكس ذلك تماماً أي أنه يجب الشك في كل الأسئلة ويجب بحثها، يجب أن

نُجادل في كل شيء وأن نُلاحظ الأشياء وأن نفحصها وأن نغيرها، والحكومة الديمقراطية هي أقرب كثيراً إلى هذه الفكرة لأنه يوجد هناك نقاش وتوجد فرصة للتعديل ولا يُمكن للإنسان أن يطلق السفينة باتجاهٍ محدد. إن من الصحيح إذا كان لديك أفكارٌ استبدادية ـ بحيث تعرف بدقة ما الذي يجب أن يكون صحيحاً ـ أن تتصرَّف بحزم شديد وهذا يبدو جيداً ولكن لبرهة وجيزة ولكن سرعان ما تتجه السفينة نحو الجهة الخاطئة ولا يستطيع أحدٌ أن يغير الاتجاه بعد الآن، لذلك فإن شكوك الحياة في الدولة الديمقراطية هي ـ كما أظن ـ منسجمة بصورة أكبر مع العلم.

على الرغم من أن العلم له تأثيرٌ ما على كثيرٍ من الأفكار الدينية لكنه لا يؤثر على المحتوى الأخلاقي، وللدين جوانب متعدِّدة وهو يقوم بالإجابة عن كل أنواع الأسئلة ففي المقام الأول مثلاً يقوم بالإجابة عن أسئلة تتعلَّق بماهية الأشياء ومن أين أتت ومن هو الإنسان ومن هو الإله ـ خصائص الإله ـ وكل شيءٍ من هذا القبيل ـ دعني أدعو ذلك الجانب الميتافيزيقي من الدين ـ كما يُخبرنا أيضاً عن شيءٍ آخر فهو يُعلِّمنا كيف نتصرف.... دعونا من الفكرة المتعلِّقة بكيفية التصرُّف في بعض الاحتفالات الخاصة وما هي الطقوس الدينية التي يجب أن تُمارس أي أعني أن الدين يُخبرنا عن كيفية التصرُّف في الحياة بشكلٍ عام وبطريقة أخلاقية، ويُقدِّم أجوبة عن الأسئلة الأخلاقية

ويُعطي رمزاً أخلاقياً وخُلُقياً ودعوني أدعو ذلك بالجانب الخلقي من الدين.

نعرف الآن أنه حتى مع وجود القِيَم الأخلاقية فإن المخلوقات الإنسانية ضعيفة جداً حيث يجب أن تُذكر بهذه القيم كي تستطيع أن تتبع ضمائرها، وهي ليست ببساطة مسألة امتلاك الضمير الصحيح ولكنها أيضاً مسألة الحفاظ على القوة لتفعل ما تعتقده أنه صحيح ومن الضروري أيضاً أن يُعطي الدين القوة والانشراح والإلهام عند اتباع وجهات النظر الأخلاقية هذه، وهذا هو الجانب الإيحائي من الدين فهو يقدِّم الإلهام ليس للقيام بالممارسة الأخلاقية فحسب ولكنه يقدِّم الإيحاء الخاص بالفنون وبكل أنواع الأفكار والأفعال العظيمة.

التقاطعات

تتداخل هذه الجوانب الثلاثة للدين فيما بينها ويتم الشعور فيها بشكلٍ عام ـ بالنظر للتلاحم الوثيق للأفكار ـ بأن مهاجمة أحد جوانب هذا النظام هو مهاجمة للبُنية بكاملها، وهذه الجوانب الثلاثة تكون مرتبطة مع بعضها تقريباً على الشكل التالي: الجانب الأخلاقي والرمز الأخلاقي هو كلمة الإله التي تُدخلنا في التساؤل الميتافيزيقي ثم يأتي الإيحاء لأننا ننفِّذ إرادة الإله وأن الفرد هو لله بحيث يشعر بشكلٍ جزئي بأنه مع الله وهذا إلهامٌ كبير لأنه يصل أفعال الفرد بالكون الواسع المحيط فيه.

ترتبط هذه الأشياء الثلاثة ببعضها بشكلٍ وثيق وتكون الصعوبة على الشكل التالي: يصطدم العلم أحياناً مع أولى هذه الأصناف الثلاثة وهو الجانب الميتافيزيقي من الدين، فمثلاً دار في الماضي جدلٌ حول هل الأرض هي مركز الكون وهل تدور حول الشمس أم ثابتة وكان نتيجة كل ذلك ظهور انشقاقٍ وصراعٍ مُخيف لكنه حُلَّ في النهاية بتراجع الدين في هذه الحالة الخاصة، وفي الفترة الأخيرة دار الصراع حول قضية فيما إذا كان للإنسان أصولٌ حيوانية، كانت النتيجة في كثيرٍ من هذه الحالات تراجع وجهة نظر الدين الميتافيزيقية ولكن مع ذلك لم ينتهِ الدين والأكثر من ذلك لم يحصل أي تغييرٍ ملموس في وجهة النظر الأخلاقية.

وبعد كل هذا فإن الأرض تدور حول الشمس ـ أليس من الأفضل تدوير الخد الآخر؟ هل يؤدي دوران الأرض حول الشمس أم وقوفها ساكنة إلى وجود أي فرق؟. سوف يمكننا الجواب من توقُّع حدوث الصراع من جديد فالعلم يتطوَّر وسوف يتم اكتشاف أشياء جديدة تكون متناقضة مع النظرية الميتافيزيقية السائدة اليوم عند بعض الأديان، وفي الحقيقة وحتى مع وجود العديد من التراجعات الدينية السابقة لا يزال هناك صراعٌ حقيقي بالنسبة لبعض الأفراد المعينين عندما يتعلمون العلم وفي نفس الوقت سمعوا أشياء عن الدين، فالشيء لم

يتكامل بشكلٍ جيد بعد، وهناك صراعاتٌ حقيقية في هذا المجال وبالرغم من ذلك فلم تتأثر الأخلاق.

وفي الحقيقة فإن الصراع صعبٌ بصورة مضاعفة في هذا المجال الميتافيزيقي، أولاً: قد تكون الحقائق في صراع ولكن حتى إذا لم تكن الحقائق في صراع فإن الموقف مختلف، إن روح الشك في العلم هي موقفٌ موجهٌ نحو الأسئلة الميتافيزيقية التي تكون مختلفة تماماً عن اليقين والإيمان الذي يتطلّبه الدين، هناك بالتأكيد صراع كما أعتقد ـ في كلٍ من الحقيقة والروح ـ حول الجوانب الميتافيزيقية للدين.

في رأيي لا يستطيع الدين أن يجد مجموعة من الأفكار الميتافيزيقية التي يمكن ضمان عدم تصارعها مع العلم الذي يتقدّم ويتغيّر باستمرار والذي يتجه نحو المجهول، نحن لا نعرف كيف نُجيب عن الأسئلة أي من المستحيل إيجاد الجواب الذي قد يكون خاطئاً في يومٍ من الأيام، وتنشأ الصعوبة لأن العلم والدين يحاول كلٌ منهما الإجابة على أسئلة تعود لنفس العالم.

العلم والمسائل الأخلاقية

من ناحية أخرى أنا لا أظن أن الصراع الحقيقي مع العلم سينشأ في الجانب الأخلاقي، لأني أعتقد أن المسائل الأخلاقية هي خارج نطاق مملكة العلم.

دعوني أطرح ثلاث أو أربع مسائل لأُظهر لماذا أنا أعتقد في هذا الأمر، في المقام الأول كان هناك صراعات في الماضي بين وجهة النظر العلمية والدينية حول الجانب الميتافيزيقي وبالإضافة إلى ذلك فإن وجهات النظر الأخلاقية القديمة لم تنهر ولكنها تغيرت.

وفي المقام الثاني هناك أناسٌ طيِّبون من الذين يتَّبعون الأخلاقيات المسيحية والذين لا يؤمنون بألوهية المسيح ويجدون أنفسهم على تضادٍ في هذا المجال.

وفي المقام الثالث على الرغم من أني أؤمن من أنه يوجد بين الحين والآخر دليلٌ علمي من النوع الذي يُمكن أن يفسِّر جزئياً على أنه يُعطي دليلاً ما عن جانبٍ معين يدور حول حياة المسيح، فمثلاً من بين الأفكار الميتافيزيقيةللأديان الأخرى يبدو لي بأنه لا يوجد دليلٌ علمي له علاقة مع القاعدة الذهبية ويبدو لي أن هذا الشيء مختلفٌ نوعاً ما.

دعونا نرى الآن فيما إذا كنت أستطيع أن أقوم بتفسيرٍ فلسفي متواضع لماذا يكون الأمر مختلفاً أي كيف لا يستطيع العلم أن يؤثر على القواعد الأساسية للأخلاق.

إن المشكلة الإنسانية النموذجية والتي يهدف الدين للإجابة عليها هي دائماً من النموذج التالي: هل يجب أن أفعل هذا؟ هل يجب أن نفعل هذا؟ هل يجب على الحكومة أن تفعل هذا؟

للإجابة على هذا السؤال يمكن أن نقسِّمه إلى شقين: الأول إذا فعلت ذلك فماذا سيحصل؟ ـ وثانياً ـ هل أريد هذا أن يحدث؟ وماذا سينتج عنه من حيث القيمة ـ ومن حيث الخير؟.

والآن يكون السؤال من الشكل: إذا فعلت هذا فماذا سيحدث؟ هو علميٌ تماماً، وفي الحقيقة يمكن أن يعرّف العلم على أنه طريقة ووعاء للمعلومات التي يمكن الحصول عليها بواسطتة ـ وهو يحاول الإجابة فقط عن الأسئلة التي يمكن أن توضع ضمن الشكل التالي: إذا فعلت ذلك فماذا سيحصل؟ والناحية العملية في ذلك تكون بصورة أساسية على الشكل التالي: جرِّب وشاهد. ثم تقوم بتجميع كمية كبيرة من المعلومات من هذه الخبرات وسيوافق كل العلماء على أن السؤال ـ أي سؤال سواءً كان فلسفياً أو غير فلسفي والذي لا يمكن وضعه بصيغة يمكن اختبارها عن طريق التجربة (أو بعبارة مبسَّطة التي لا يمكن وضعها في الشكل: إذا فعلت ذلك فماذا يحصل؟) هو ليس سؤالاً علمياً وهو خارج عن نطاق العلم.

أنا أدَّعي سواءً إذا أردت لهذا الشيء أن يحدث أم لا ـ فماذا ستكون القيمة التي تتضمَّنها النتيجة، وكيف تحكم على قيمة النتيجة (والتي هي الطرف الآخر من السؤال: هل يجب أن أقوم بذلك؟) التي يجب أن تقع خارج العلم لأنها ليس سؤالاً يمكنك أن تجيب عليه فقط عن طريق معرفة ماذا يحدث ـ إذ لا يزال عليك أن تحكم على الذي يحدث وبطريقة أخلاقية، ولهذا

السبب النظري فأنا أعتقد بوجود توافقٍ كامل بين وجهة النظر الأخلاقية ـ أو الجانب الأخلاقي للدين ـ والمعلومات العلمية.

وبالالتفات إلى الجانب الثالث من الدين ـ الجانب الإيحائي ـ أصل إلى السؤال المركزي الذي أريد أن أطرحه على اللجنة التخيلية، إن مصدر الإيحاء اليوم ـ بالنسبة للقوة والانشراح ـ في أي دين مرتبطٌ بصورة مباشرة بالجانب الميتافيزيقي، أي أن الإيحاء يأتي من العمل من أجل الإله ومن خلال العمل ضمن إرادته والشعور بالقرب منه، إن الروابط العاطفية بالرمز الأخلاقي ـ والمبنية بهذه الطريقة ـ تبدأ بالضعف بشدة عندما يظهر الشعور بالشك المتعلق بوجود الإله ولو بجزءٍ قليلٍ منه أي عندما يبدأ عدم الإيمان بالإله وبذلك تفشل هذه الطريقة الخاصة بالحصول على الإيحاء.

لا أعرف الجواب عن هذه المشكلة المحورية ـ مشكلة الحفاظ على القيمة الحقيقية للدين كمصدر للقوة والشجاعة بالنسبة لمعظم الناس بينما في نفس الوقت بدون الإيمان المطلق بالجوانب الميتافيزيقية.

تراث الحضارة الغربية

يبدو لي أن الحضارة العربية تقف بجوار تراثين عظيمين يتمثل أولهما بالروح العلمية للمغامرة، المغامرة في الاندفاع نحو المجهول، وهذا المجهول يجب أن يُعترف به على أنه

مجهول بهدف القيام باستكشافه والرغبة في بقاء الألغاز التي لا يمكن الإجابة عنها في الكون على ما هي عليه: أي الموقف الذي يقول أن كل شيء هو غير مؤكد، وأُلخِّص ذلك وأُسمِّيه بتواضع المثقّف، والتراث العظيم الثاني هو الأخلاق الدينيَّة ـ المبنيَّة على الحب والأخوة بين كل الناس وقيمة الفرد ـ وخشوع الروح.

هذين التراثين منسجمين منطقياً بشكلٍ كامل ولكن المنطق ليس كل شيء فالمرء يحتاج إلى قلبه ليتبع فكرة ما وإذا أراد الناس الرجوع إلى الدين فما الذي يرجعون إليه؟ هل الكنيسة الحديثة هي مكان يُعطي الراحة لإنسانٍ يشك بالإله وأيضاً لإنسانٍ يؤمن بالإله؟ هل الكنيسة الحديثة مكانٌ يعطي الراحة والتشجيع لقيم مثل هذا الشك؟ هل عدم الحصول حتى الآن على القوة والراحة للمحافظة على قيم الأول أو الثاني من هذين التراثين المنسجمين بشكلٍ لا يتم فيه مهاجمة قيم الطرف الآخر؟ هل أن هذا الأمر لا يمكن تجنبه؟ كيف نستطيع أن نحصل على الإلهام لدعم هاتين الركيزتين للحضارة الغربية بحيث تقفان معاً بكامل عنفوانهما ولا يخاف أحدهما الآخر؟ هل هذه ليست القضية الرئيسية لعصرنا الحاضر؟

أضع هذه القضية أمام اللجنة.

هنا فاينمن في أحسن لوذعيته وتألقه

جون هورجان مؤلف كتاب: نهاية العلم.

"مجموعة مقالات مذهلة"

جريدة وول ستريت جورنال

هذه المجموعة العظيمة من الأحاديث والمقابلات والمقالات تقدم مثالا لا ينسى عن فطنة وعبقرية أكثر الفيزيائيين شهرة في زماننا، كلما قرأت له أكثر وقعت في رؤيته العاشقة والحماسية للعالم.

آلن قوث، مؤلف كتاب: الكون المتضخم.

يمكنك سماع صوت فاينمن المميز يرن في هذا الكتاب.

مجلة: Scientific American

كل عمل قصير هنا متعة، فاينمن دائما مفرط الخيال، وأحيانا شجاع، ويتنقل بمهارة من الكمبيوترات إلى دور العلم في المجتمع.

روكي كولب مؤلف كتاب: مراقبو السماء العمي.

ذكرى ممتعة لعطاءات فاينمن المهمة.

مجلة: Nature

نال ريتشارد ب. فاينمن جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٦٥ م نتيجة لإحرازاته المتعددة في علم الفيزياء، وخاصة في المجال الكمي الأليكتروديناميكي. وهو أشهر وأحب شخصيات زماننا في حلبة المجتمع والفيزياء، ألف العديد من الكتب العلمية والعامة، مثل: المعنى الشامل، و ست قطع سهلة، الذي عد في قائمة "المكتبة العصرية" من أفضل مئة كتاب غير روائي في القرن العشرين.

موضوع الكتاب: العلوم ـ بحوث ـ الاختراعات
موقعنا على الإنترنت:
http:/www.obeikanbookshop.com